

INSTITUTO FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO  
MESTRADO PROFISSIONAL EM QUÍMICA EM REDE NACIONAL  
ProfQui

**CAROL DE SOUZA BERGER**

**O ENSINO DA NANOTECNOLOGIA VIA METODOLOGIAS ATIVAS: NANOCIÊNCIA  
POR MEIO DE UMA ABORDAGEM COLABORATIVA.**

VILA VELHA  
2020

CAROL DE SOUZA BERGER

**O ENSINO DA NANOTECNOLOGIA VIA METODOLOGIAS ATIVAS: NANOCIÊNCIA  
POR MEIO DE UMA ABORDAGEM COLABORATIVA.**

Dissertação apresentada ao Mestrado Profissional em Química em Rede Nacional- ProfQui do Campus Vila Velha do Instituto Federal do Espírito Santo como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Química.

Orientador: Prof. Dr. André Romero da Silva.

Coorientador: Prof. Dr. Paulo Rogerio Garcez de Moura.

VILA VELHA  
2020

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
Quezia Barbosa de Oliveira Amaral CRB6-590

---

B496e Berger, Carol de Souza

O ensino da nanotecnologia via metodologias ativas:  
nanociência por meio de uma abordagem colaborativa. / Carol de  
Souza Berger. – 2020.

277f. : il. ; 30 cm.

Inclui bibliografia.

Orientador: André Romero da Silva.

Coorientador: Paulo Rogerio Garcez de Moura.

Dissertação (Mestrado) – Instituto Federal do Espírito Santo,  
Campus Vila Velha. Mestrado Profissional em Química, 2020.

1. Nanotecnologia. 2. Nanociência. 3. Ensino médio - Química. I.  
Silva, André Romero da. II. Moura, Paulo Rogerio Garcez de. III.  
Instituto Federal do Espírito Santo. IV. Título.

CDD: 620.5

---



## MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO

INSTITUTO FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO- CAMPUS VILA VELHA  
Avenida Ministro Salgado Filho, 1000, Soteco, Vila Velha, Espírito Santo  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO PROFISSIONAL EM QUÍMICA EM REDE NACIONAL

### CAROL DE SOUZA BERGER

## O ENSINO DA NANOTECNOLOGIA VIA METODOLOGIAS ATIVAS: NANOCIÊNCIA POR MEIO DE UMA ABORDAGEM COLABORATIVA.

Dissertação apresentada ao Mestrado Profissional em Química em Rede Nacional- ProfQui do Campus Vila Velha do Instituto Federal do Espírito Santo como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Química.

Aprovado em 07 de dezembro de 2020.

### COMISSÃO EXAMINADORA

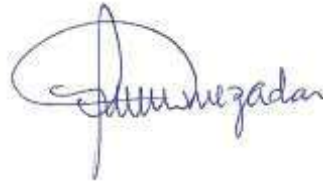
Prof. Dr. André Romero da Silva, D.Sc.  
Instituto Federal do Espírito Santo  
(Orientador)

Prof. Dr. Paulo Rogério Garcez de Moura  
DQUI/PPGQUI/UFES SIAPE nº 2352731

Prof. Dr. Paulo Rogério Garcez de Moura, D.Sc.  
Universidade Federal do Espírito Santo, UFES  
(Coorientador)



Prof. Dr. Frederico da Silva Fortunato, D.Sc.  
Instituto Federal do Espírito Santo, IFES  
(Membro Externo)



Prof. Sidnei Quezada Meireles Leite, PhD.  
Instituto Federal do Espírito Santo, IFES  
(Membro Interno)



## **MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO**

INSTITUTO FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO- CAMPUS VILA VELHA

Avenida Ministro Salgado Filho, 1000, Soteco, Vila Velha, Espírito Santo

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO PROFISSIONAL EM QUÍMICA EM REDE NACIONAL

### **CAROL DE SOUZA BERGER**

**BERGER, CAROL DE SOUZA; DR. ANDRÉ ROMERO DA SILVA. NANOTEAM. VILA  
VELHA: IFES, 2020.**

Produto Educacional apresentado ao Programa de Pós-Graduação Profissional em Química em Rede Nacional-ProfQui do Campus Vila Velha do Instituto Federal do Espírito Santo como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Química.

Aprovado em 07 de dezembro de 2020.

### **COMISSÃO EXAMINADORA**

Prof. Dr. André Romero da Silva, D.Sc.

Instituto Federal do Espírito Santo

(Orientador)

**Prof. Dr. Paulo Rogério Garcez de Moura**  
DQUI/PPGQUI/UFES SIAPE nº 2352731

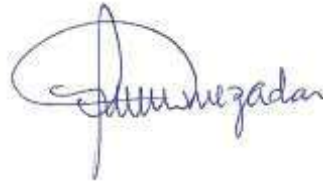
Prof. Dr. Paulo Rogério Garcez de Moura, D.Sc.

Universidade Federal do Espírito Santo, UFES

(Coorientador)



Prof. Dr. Frederico da Silva Fortunato, D.Sc.  
Instituto Federal do Espírito Santo, IFES  
(Membro Externo)

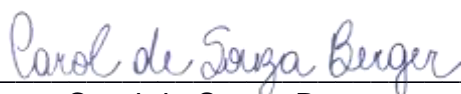


Prof. Sidnei Quezada Meireles Leite, PhD.  
Instituto Federal do Espírito Santo, IFES  
(Membro Interno)

## DECLARAÇÃO DO AUTOR

Declaro, para fins de pesquisa acadêmica, didática e técnico-científica, que a presente dissertação de mestrado pode ser parcialmente utilizada, desde que faça referência ao autor.

Vila Velha, 07 de dezembro de 2020.



---

Carol de Souza Berger



Dedico este trabalho à Cristóvão Martins  
Berger.

## AGRADECIMENTOS

À *Deus*, por iluminar meus caminhos, guiar-me pela fé, e fazer-me seguir sempre em frente. À Ele, toda honra e toda a glória!

Ao meu pai, *Cristóvão Martins Berger*, que esteve presente em todos os momentos, orientando-me, incentivando-me; aguardando minha chegada à meia noite, após as aulas noutra cidade; cuidando, protegendo e sendo o melhor pai do mundo.

Aos meus familiares e amigos que, por vezes, ouviram meus anseios e preocupações, sem julgamentos, apenas com o colo amigo. Meu muito obrigada!

Ao meu orientador, *André Romero*, que aceitou participar, novamente, da minha vida acadêmica. Além de orientador no mestrado, professor na graduação e orientador de IC, tornou-se também um grande amigo. Obrigada por tudo!

Ao meu coorientador, *Paulo Moura*, que carinhosamente abraçou meu projeto e se fez muito importante na construção dele. Um profissional dedicado, encantado pela educação e extremamente companheiro e solícito. Muito obrigada!

Aos membros da banca, *Frederico Fortunato* e *Sidney Quezada*, que aceitaram o desafio de contribuir com essa jornada acadêmica. Os ensinamentos transmitidos a mim perduraram por toda a minha vida. Sou grata!

Ao Ifes e ao Profqui, que oportunizaram a realização do Mestrado em Química.

Aos amigos do mestrado, *Bianca, Diego, Jussanã, Eloi, Rômulo, Sérgio, Fernanda, Thaís, Alessandro*, e os demais. Nos mantivemos, juntos, vencendo todos os desafios encontrados. Vocês tornaram a jornada mais leve e alegre. Sem vocês, nada teria muita graça. Obrigada por existirem!

Ao mantenedor do Colégio Ouse, *Júnior Nicolai*, que sempre esteve ao meu lado, pronto para ajudar, incentivar, brigar e cuidar, como um 'pai'. Obrigada por tanto!

Por fim, faltar-me-iam palavras para agradecer a parceria, a cumplicidade, o carinho e, com toda certeza, o amor, dedicados a mim ao longo dos anos trabalhados. Vocês deram vida ao meu projeto e luz aos meus dias mais sombrios. Obrigada. Muito obrigada!

*Ana Carolina Santos Lemes*  
*Ângelo Camatta*  
*Bruno Piana Marim*  
*Gabriel dos Santos Pessoti*  
*Guilherme Coffler Missagia*  
*Henrique Bassetti Chiareli Sasso*  
*Kaylane Badiani dos Santos*  
*Loyse Carvalho de Moraes*  
*Lucas dos Santos Chaves*  
*Luiza Castilhon do Nascimento*  
*Maria Eduarda dos Santos Correa*  
*Maria Luiza Duarte Poltronieiri*  
*Maria Victória Queiroz Silva*  
*Murilo Rissari Almeida*  
*Nicollas Rafael Lopes Gaigher*  
*Pedro de Almeida Marim*  
*Priscila Quiuqui Araujo*  
*Rhuan Gomes Leite*  
*Vanessa Benicá*  
*Victor Queiroz Pirovani de Almeida*  
*Wendry dos Santos Fiorino*



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO**  
INSTITUTO FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO - CAMPUS VILA VELHA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO PROFISSIONAL EM QUÍMICA EM REDE NACIONAL

## **RESUMO**

### **O ENSINO DA NANOTECNOLOGIA VIA METODOLOGIAS ATIVAS: NANOCIÊNCIA POR MEIO DE UMA ABORDAGEM COLABORATIVA.**

A multidisciplinaridade da nanotecnologia é refletida em seus vastos campos de aplicação. Inúmeras áreas são exploradas pelo viés da nanotecnologia (nanomedicina, nanoeletrônica, nanobiotecnologia...), entretanto pouco conhecimento tem chegado à sala de aula, razão pela qual os desafios enfrentados nas escolas foram abordados neste trabalho. Buscou-se uma forma contextualizada de ensinar química, em associação com rotinas comuns do dia-a-dia, por meio da criação de um projeto denominado *#NanoTeam* que busca abordar a nanotecnologia em diferentes frentes de aprendizagem, utilizando ferramentas tecnológicas e, ao mesmo tempo, materiais do cotidiano. Trata-se de uma investigação qualitativa apoiada na metodologia de projetos, promovendo interdisciplinaridade com biologia, por meio da interface bioquímica presente entre a química e a biologia. A experimentação, no formato da Atividade Experimental Problematizada (AEP), promoveu o preparo de omeletes para abordar o conceito nanoparticulado de tamanho, por meio de diferentes formas de agitação, para modificar as dimensões das gotículas de ar presentes na emulsão e dessa forma, analisar a influência desta propriedade sobre a textura e o sabor dos alimentos, em decorrência das interações intermoleculares. Houve ainda, ao longo do projeto, aplicação de questionários e os dados foram tratados com análise de conteúdo. Os sujeitos participantes foram discentes da terceira série do ensino médio de uma escola particular de Linhares-ES. Na etapa da pesquisa em laboratório observaram-se modificações das proteínas em questão (ovoalbumina, principalmente), em relação à estabilidade da emulsão, comportamento frente à

agitação e novas possibilidades de aglutinação. Na etapa de aplicação metodológica, a utilização do *Jigsaw Classroom* foi muito importante para o engajamento dos estudantes frente aos novos conhecimentos sobre nanotecnologia, visto que foi a forma de iniciar o conteúdo. Consecutivamente a AEP também teve um papel fundamental na aplicação do projeto e na participação dos discentes, que experimentaram um roteiro diferente do tradicional, sendo possibilitada a conexão entre os discentes, mesmo com o isolamento social. Mediante aos fatos, tornou-se possível o ensino de química através da experimentação com materiais do cotidiano sobre interações intermoleculares, proteínas, influência de propriedades nanoscópicas sobre propriedades macroscópicas, ligações químicas, polaridades, entre outras. Os discentes puderam se apropriar de conceitos nanotecnológicos, importantes para promoção da criticidade científica, além de participarem ativamente no processo de ensino-aprendizagem. O produto educacional da pesquisa foi um guia didático que pode ser aplicado em diferentes realidades educacionais, podendo ser institucionalizado pelas escolas que aderirem ao projeto.

Palavras-chave: Nanociência e Nanotecnologia. Experimentação no Ensino Médio. Aprendizagem Colaborativa. Omelete. Ensino Remoto de Química.



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO**

INSTITUTO FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO - CAMPUS VILA VELHA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO PROFISSIONAL EM QUÍMICA EM REDE NACIONAL

**ABSTRACT**

**TEACHING NANOTECHNOLOGY THROUGH ACTIVE METHODOLOGIES:  
NANOSCIENCE THROUGH A COLLABORATIVE APPROACH.**

The multidisciplinary nature of nanotechnology is reflected in its vast fields of application. Numerous areas are explored through the lens of nanotechnology (nanomedicine, nanoelectronics, nanobiotechnology...), however little knowledge has reached the classroom, which is why the challenges faced in schools were addressed in this work. We sought a contextualized way of teaching chemistry, in association with common daily routines, through the creation of a project called *#NanoTeam* that seeks to address nanotechnology on different learning fronts, using technological tools and, at the same time, time, everyday materials. It is a qualitative investigation supported by project methodology, promoting interdisciplinarity with biology, through the biochemical interface between chemistry and biology. The experimentation, in the format of the Problematic Experimental Activity (AEP), promoted the preparation of omelets to address the nanoparticulate size concept, by means of different forms of agitation, to modify the dimensions of the air droplets present in the emulsion and, thus, analyze the influence of this property on the texture and flavor of food, as a result of intermolecular interactions. Throughout the project, questionnaires were applied and the data were treated with content analysis. The participating subjects were students in the third grade of high school at a private school in Linhares-ES. In the laboratory research stage, modifications of the proteins in question (ovoalbumin, mainly) were observed, in relation to the stability of the emulsion, agitation and new possibilities of agglutination. In the methodological application stage, the use of the Jigsaw Classroom was very important for students' engagement in the face of new knowledge about

nanotechnology, since it was the way to start the content. Consecutively, the AEP also played a fundamental role in the application of the project and in the participation of the students, who experienced a different script from the traditional one, making possible the connection between the students, even with social isolation. Based on the facts, it became possible to teach chemistry through experimentation with everyday materials on intermolecular interactions, proteins, the influence of nanoscopic properties on macroscopic properties, chemical bonds, polarities, among others. The students were able to appropriate nanotechnological concepts, important for promoting scientific criticality, in addition to actively participating in the teaching-learning process. The educational product of the research was a didactic guide that can be applied in different educational realities, and can be institutionalized by the schools that join the project.

Keywords: Nanoscience and Nanotechnology. High School Experimentation. Collaborative Learning. Omelet. Remote Chemistry Teaching.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> – Métodos de manufatura em nanoescala: top-down e bottom-up. ....	40
<b>Figura 2</b> – Representação da nanoescala com alguns exemplos. ....	42
<b>Figura 3</b> – Representação da estrutura básica de um aminoácido. ....	46
<b>Figura 4</b> – Representação de uma ligação peptídica. ....	47
<b>Figura 5</b> – Representação da proteína Ovoalbumina. ....	48
<b>Figura 6</b> – Representação da estrutura do ovo. ....	50
<b>Figura 7</b> – Esquema dos eixos estruturantes da AEP. ....	52
<b>Figura 8</b> – <i>Representação esquemática de atividade baseada no método cooperativo de aprendizagem Jigsaw Classroom.</i> ....	57
<b>Figura 9</b> – Parte dos discentes participantes da pesquisa. ....	64
<b>Figura 10</b> – Distribuição de tamanho das macromoléculas presentes na omelete preparada manualmente – análise imediata. ....	72
<b>Figura 11</b> – Distribuição de tamanho das macromoléculas presentes na omelete preparada manualmente – após 10 min parada. ....	72
<b>Figura 12</b> – Distribuição de tamanho das macromoléculas presentes na omelete preparada usando o homogenizador Ultra-Turrax® - análise imediata. ....	73
<b>Figura 13</b> – Distribuição de tamanho das macromoléculas presentes na omelete preparada usando o homogenizador Ultra-Turrax® - após 10 min parada. ....	73
<b>Figura 14</b> – Distribuição de tamanho das macromoléculas presentes na omelete preparada manualmente, usando-se somente a clara e diluídas com água (1:3) - análise imediata. ....	75
<b>Figura 15</b> – Distribuição de tamanho das macromoléculas presentes na omelete preparada manualmente, usando-se somente a clara e diluídas com água (1:3) - após 10 min parada. ....	75
<b>Figura 16</b> – Distribuição de tamanho das macromoléculas presentes na omelete preparada via homogeneizador Ultra-Turrax®, usando-se somente a clara e diluídas com água (1:3) - análise imediata. ....	76
<b>Figura 17</b> – Distribuição de tamanho das macromoléculas presentes na omelete preparada via homogeneizador Ultra-Turrax®, usando-se somente a clara e diluídas com água (1:3) - após 10 min parada. ....	76



<b>Figura 18</b> – Print do 1º momento de aplicação do projeto. ....	88
<b>Figura 19</b> – Print do 3º momento de aplicação do projeto. ....	93
<b>Figura 20</b> – Print do 5º momento de aplicação do projeto. ....	95
<b>Figura 21</b> – Print do 6º momento de aplicação do projeto. ....	96
<b>Figura 22</b> – Print do 7º momento de aplicação do projeto. ....	98
<b>Figura 23</b> – Print do 8º momento de aplicação do projeto. ....	99

## LISTA DE FOTOS

<b>Foto 1</b> – Localização da escola Ouse no município de Linhares-ES. ....	61
<b>Foto 2</b> – Entrada do Colégio Ouse. ....	61
<b>Foto 3</b> – Frente do Colégio Ouse. ....	61
<b>Foto 4</b> – Equipamento Microtrac utilizado nas análises. ....	68
<b>Foto 5</b> – Procedimento para produção da omelete com agitação manual. ....	69
<b>Foto 6</b> – Procedimento para produção da omelete com agitação no homogeneizador. ....	69
<b>Foto 7</b> – Preparação da omelete obtida por alta agitação. ....	70
<b>Foto 8</b> – Preparação de omelete obtida por baixa agitação. ....	71
<b>Foto 9</b> – Emulsão ar/clara de ovo diluída em água, na proporção 1:3. ....	78
<b>Foto 10</b> – Diluição das emulsões em água: Em A, a emulsão obtida no Turrax e em B, a emulsão manual. ....	79
<b>Foto 11</b> – Experimentação realizada pelos discentes, alternando entre a agitação manual e no mixer. ....	100
<b>Foto 12</b> – Omelete preparada sem gema pelos discentes, com a clara obtida por agitação no mixer/batedeira. ....	101
<b>Foto 13</b> – Aluno comendo sua omelete, após a experimentação, preparada sob agitação manual. ....	102
<b>Foto 14</b> – Demonstração da capacidade de gelificação das claras batidas em neve, ao entrar em contato com a água. ....	103

## LISTA DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1</b> – Pergunta 1 do QI: " Marque qual ou quais produtos listados abaixo você já usou ou adquiriu." .....	105
<b>Gráfico 2</b> – Pergunta 2 do QI: "Você já observou que no rótulo dos produtos que você listou aparece o termo NANO?" .....	106
<b>Gráfico 3</b> – Pergunta 5 do QI: "Para você, quais as vantagens/benefícios que os produtos adquirem ao possuírem a tecnologia NANO em relação ao seu similar sem o uso da nanotecnologia?" .....	108
<b>Gráfico 4</b> – Pergunta 6 do QI: A – importância de discutir nanotecnologia nas áreas citadas. ....	109
<b>Gráfico 5</b> – Pergunta 6 do QI: B – importância de discutir nanotecnologia nas áreas citadas. ....	109
<b>Gráfico 6</b> – Pergunta 6 do QI: C – importância de discutir nanotecnologia nas áreas citadas. ....	110
<b>Gráfico 7</b> – Pergunta 2 do Q-AEP: "A compreensão do conteúdo sobre interação intermolecular:" .....	120
<b>Gráfico 8</b> – Pergunta 1 do QF: "Em que setores a nanotecnologia pode ser aplicada?" .....	125
<b>Gráfico 9</b> – Pergunta 2 do QF: "Percepção dos alunos em relação aos benefícios da nanotecnologia aplicada em alguns setores." .....	126

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> – Etapas da metodologia Jigsaw Classroom. ....	58
<b>Tabela 2</b> – Momentos síncronos e assíncronos vivenciados no projeto. ....	66
<b>Tabela 3</b> – Pergunta 1 do questionário de Validação: refere-se à estrutura e organização do projeto, clareza, adequação do tempo e referenciais teóricos. ....	80
<b>Tabela 4</b> – Pergunta 2 do questionário de Validação: refere-se à problematização contida no projeto. ....	80
<b>Tabela 5</b> – Pergunta 3 do questionário de Validação: refere-se aos conteúdos abordados ao longo do projeto. ....	81
<b>Tabela 6</b> – Pergunta 4 do questionário de Validação: refere-se ao método de ensino e de avaliação propostos para o projeto. ....	82
<b>Tabela 7</b> – Pergunta 5 do questionário de Validação: refere-se à finalidade do projeto em questão. ....	83
<b>Tabela 8</b> – Pergunta 6 do questionário de Validação: refere-se ao conhecimento abordado ao longo do projeto. ....	83
<b>Tabela 9</b> – Pergunta 7 do questionário de Validação: refere-se aos procedimentos realizados ao longo do projeto. ....	83
<b>Tabela 10</b> – Pergunta 8 do questionário de Validação: refere-se aos aplicativos e materiais utilizados no projeto. ....	84
<b>Tabela 11</b> – Pergunta 9 do questionário de Validação: questão discursiva para evidenciar pontos fortes e fracos do projeto pelos avaliadores. ....	85

## LISTA DE QUADROS

<b>Quadro 1</b> – Formação dos grupos de base com os discentes de acordo com a metodologia Jigsaw Classroom.....	89
<b>Quadro 2</b> – Formação dos grupos de especialistas com os discentes de acordo com a metodologia Jigsaw Classroom. ....	90
<b>Quadro 3</b> – Reflexões dos discentes inseridos nos grupos de especialistas.....	91
<b>Quadro 4</b> – Pergunta 4 do QI: "Caso tenha marcado sim na resposta anterior, o que você entende pelo termo NANO?".....	107
<b>Quadro 5</b> – Pergunta 7 do QI: "Para a(s) resposta(s) que teve/tiveram a nota 5 atribuída, por que você acredita que essa seja a melhor área para o estudo e aprofundamento da NANOTECNOLOGIA?".....	110
<b>Quadro 6</b> – “Pontos positivos relatados pelos alunos sobre o Jigsaw Classroom.”	112
<b>Quadro 7</b> – “Pontos negativos relatados pelos alunos sobre o Jigsaw Classroom.” .....	114
<b>Quadro 8</b> – Opinião dos alunos sobre a ferramenta online Padlet.....	115
<b>Quadro 9</b> – “Que outra dinâmica/modelo de aula você sugere para abordar o conteúdo sobre Nanociência/Nanotecnologia?” .....	116
<b>Quadro 10</b> – Opinião dos alunos sobre o texto no formato PDF.....	118
<b>Quadro 11</b> – Pergunta 1 do Q-AEP: “Você acredita que exista diferença entre a omelete batida a mão e a batida num Mixer? ” .....	119
<b>Quadro 12</b> – Pergunta 3 do Q-AEP: “De que forma as interações intermoleculares são capazes de influenciar substâncias e misturas macroscopicamente?”.....	121
<b>Quadro 13</b> – Pergunta 4 do Q-AEP: “Como o experimento AEP (Atividade Experimental Problematizada) te ajudou a compreender o conteúdo Nanociência/Nanotecnologia?” .....	122
<b>Quadro 14</b> – Pontos positivos relatados pelos alunos sobre a AEP. ....	123
<b>Quadro 15</b> – Pontos negativos relatados pelos alunos sobre a AEP. ....	124
<b>Quadro 16</b> – Pergunta 3 do QF: “Um "nano chip" é assim chamado apenas por possuir menor tamanho visível comparado aos outros chips disponíveis no mercado?” .....	127

<b>Quadro 17</b> – Pergunta 4 do QF: A - Percepção dos alunos sobre o pequeno impacto da nanotecnologia.....	129
<b>Quadro 18</b> – Pergunta 4 do QF: B - Percepção dos alunos sobre o médio impacto da nanotecnologia.....	129
<b>Quadro 19</b> – Pergunta 4 do QF: C - Percepção dos alunos sobre o grande impacto da nanotecnologia.....	130
<b>Quadro 20</b> – Pergunta 5 do QF: “Você acredita que a Nanotecnologia deve ser abordada no Ensino Médio?” .....	131

## LISTA DE SIGLAS

- ABDI** – Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial
- AEP** – Atividade Experimental Problematizada
- AIDS** – Imunodeficiência adquirida
- ANVISA** – Agência Nacional de Vigilância Sanitária
- BNCC** – Base Nacional Comum Curricular
- CEP** – Comitê de Ética e Pesquisa
- CNT** – *Carbon Nanotubes*
- DM** – Diretrizes Metodológicas
- DNA** – Ácido Desoxirribonucleico
- EAD** – Ensino à distância
- EMBRAPA** – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
- ER** – Ensino Remoto
- ERE** – Ensino Remoto Emergencial
- GD** – Guia Didático
- GNF** – *Graphite Nanofibers*
- IBN** – Iniciativa Brasileira de Nanotecnologia
- IFES** – Instituto Federal do Espírito Santo
- JC** – *Jigsaw Classroom*
- LNBio** – Laboratórios Nacionais de Biociências
- LNLS** – Laboratórios Nacionais de Luz Síncrotron
- LNNano** – Laboratórios Nacionais de Nanotecnologia
- LSLC** – Laboratório de Sistemas de Liberação Controlada
- MCTIC** – Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações
- N&N** – Nanociência e Nanotecnologia
- OE** – Objetivo Experimental
- OMS** – Organização Mundial da Saúde
- OPAS** – Organização Pan-americana da saúde
- PCN** – Parâmetros Curriculares Nacionais
- PCNEM** – Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio
- PDF** – *Portable Document Format*

**PP** – Proposição do Problema

**PPP** – Proposta Político-Pedagógica

**Profqui** – Mestrado Profissional

**PUC-Rio** – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro

**QI** – Questionário Inicial

**QF** – Questionário Final

**TALE** – Termo de assentimento livre e esclarecido

**TCLE** – Termo de consentimento livre e esclarecido

**Unesco** – Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura

**Unicamp** – Universidade Estadual de Campinas

**UV** – Ultravioleta



## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>26</b>
<b>2. OBJETIVOS.....</b>	<b>30</b>
2.1 GERAL.....	30
2.2 ESPECÍFICO .....	30
<b>3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA .....</b>	<b>31</b>
3.1 ENSINO DE QUÍMICA .....	31
3.2 INTERAÇÕES INTERMOLECULARES .....	33
3.3 NANOTECNOLOGIA .....	35
<b>3.3.1 Tamanho: uma importante propriedade nanoparticulada.....</b>	<b>41</b>
<b>3.3.2 Ensino da nanotecnologia na educação básica .....</b>	<b>43</b>
3.4 PROTEÍNAS .....	45
<b>3.4.1 Estrutura e composição do ovo.....</b>	<b>49</b>
3.5 ATIVIDADE EXPERIMENTAL PROBLEMATIZADA – AEP .....	51
3.6 PEDAGOGIA DE PROJETOS .....	53
3.7 ENSINO REMOTO – ER.....	55
3.8 JIGSAW CLASSROOM – JC .....	57
<b>4. METODOLOGIA .....</b>	<b>59</b>
4.1 ABORDAGEM METODOLÓGICA.....	59
4.2 O CONTEXTO DA PESQUISA .....	60
4.3 COLETA E ANÁLISE DE DADOS.....	65
4.4 O PROJETO #NANOTEAM.....	65
<b>5. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>68</b>
5.1 FASE DE TESTES .....	68
5.2 VALIDAÇÃO A <i>PRIORI</i> DO PROJETO.....	79
<b>5.2.1 Análise e discussão dos resultados da Validação à <i>Priori</i>.....</b>	<b>80</b>
5.3 VALIDAÇÃO À <i>POSTERIORI</i> DO PROJETO .....	87
<b>5.3.1 Descrição dos momentos.....</b>	<b>87</b>
5.3.1.1 Momento 01 – A primeira aula do projeto, introdução do tema, aplicação do questionário inicial e início do <i>Jigsaw Classroom</i> .....	87

5.3.1.2 Momento 02 – O primeiro assíncrono, destinado à divisão dos grupos de trabalho e ao estudo dos temas introdutórios.....	88
5.3.1.3 Momento 03 – A segunda aula reuniu todas as partes do <i>Jigsaw Classroom</i> , cumprindo o papel proposto pela metodologia.....	92
5.3.1.4 Momento 04 – Segundo assíncrono destinado à confecção de murais <i>online</i> no aplicativo <i>Padlet</i> .....	93
5.3.1.5 Momentos 05 e 06 – Dois dias de aulas síncronas que abordaram conceitos importantes para a continuidade do projeto. ....	94
5.3.1.6 Momento 07 – <i>Webinar</i> com um especialista na área de nanotecnologia, para intensificar o conhecimento.....	96
5.3.1.7 Momento 08 – Aula síncrona destinada à aplicação da Atividade Experimental Problematizada. ....	98
5.3.1.8 Momento 09 – Última ação do projeto contendo a confecção de produtos que demonstrassem a aprendizagem sobre os temas trabalhados. ....	104
<b>5.3.2 Análise dos questionários.....</b>	<b>104</b>
5.3.2.1 Questionário Inicial.....	104
5.3.2.2 Questionário após a aplicação da metodologia <i>Jigsaw Classroom</i> . .	112
5.3.2.3 Questionário após a aplicação da Atividade Experimental Problematizada (AEP).....	119
5.3.2.4 Questionário <i>a posteriori</i> .....	125
<b>6. PRODUTO EDUCACIONAL .....</b>	<b>132</b>
<b>7. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>133</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>135</b>
<b>APÊNDICES .....</b>	<b>145</b>
APÊNDICE I. Autorização para desenvolvimento da pesquisa.....	146
APÊNDICE II. Termo de assentimento livre e esclarecido – TALE (para menores de 18 anos).....	147

APÊNDICE III. Termo de consentimento livre e esclarecido - TCLE (para responsável legal pelo menor de 18 anos) .....	152
APÊNDICE IV. Termo de consentimento livre e esclarecido - TCLE (para maiores de 18 anos ou emancipados) .....	157
APÊNDICE V. Consentimento de participação como voluntário .....	162
APÊNDICE VI. Autorização de imagem e som .....	163
APÊNDICE VII. Questionário de Validação .....	164
APÊNDICE VIII. Questionário a <i>Priori</i> .....	185
APÊNDICE IX. Questionário <i>pós Jigsaw Classroom</i> .....	194
APÊNDICE X. Questionário pós experimento AEP.....	197
APÊNDICE XI. Questionário a <i>Posteriori</i> .....	200
APÊNDICE XII. Infográfico utilizado na aplicação do Jigsaw Classroom.....	210
APÊNDICE XIII. Infográfico utilizado na aula teórica sobre interação intermolecular.....	211
APÊNDICE XIV. Infográfico utilizado na aplicação da AEP. ....	212
APÊNDICE XV. Texto complementar utilizado pelos discentes sobre interação intermolecular.....	213
APÊNDICE XVI. Slides utilizados nas aulas sobre proteínas. ....	218
<b>ANEXOS .....</b>	<b>232</b>
ANEXO I. Parecer consubstanciado do Comitê de Ética e Pesquisa (CEP).....	233
ANEXO II. Textos da Cartilha ABDI usados no projeto.....	237
ANEXO III. Textos usados no projeto pelos discentes.....	260
ANEXO IV. Produtos do projeto - Padlet por equipe.....	267
ANEXO V. Produtos à <i>Posteriori</i> – Finalização do projeto.....	272

## 1. INTRODUÇÃO

Contemporaneamente, a ciência e a tecnologia influenciam em todos os âmbitos da sociedade. Seja no modo de se transportar, de se vestir, de se comunicar, de se alimentar, enfim, em tudo que se pode imaginar há a participação, mesmo que em pequena escala, da ciência e da tecnologia (BRASIL, 2017).

Por conseguinte, inúmeras temáticas podem ser exploradas no conteúdo programático do ensino médio, abordando temas ligados às questões científica, tecnológica, social e ambiental, podendo contribuir ricamente para o desenvolvimento de conceitos químicos, sobretudo pelas vias da contextualização, da interdisciplinaridade e da experimentação (ZUIN *et al.*, 2009).

Nesse contexto, ciência e tecnologia deveriam ser encaradas como uma possibilidade de abertura para novas visões de mundo, indo muito além de simplesmente resolução de problemas cotidianos. Todavia, poucas pessoas aplicam os conhecimentos e procedimentos científicos na resolução de seus problemas, tampouco ampliam sua visão para enxergar o mundo de outro modo. Sendo esta, uma das maiores preocupações da Educação Básica – em especial, a área de Ciências da Natureza – a necessidade de comprometer-se com o letramento científico da população (BRASIL, 2017).

No cenário mundial, reconhecer-se em seu contexto histórico e cultural, comunicar-se, ser criativo, participativo, colaborativo, resiliente e responsável requer muito mais do que um simples acúmulo de informações, como descrito pela BNCC – Base Nacional Comum Curricular:

Requer o desenvolvimento de competências para aprender a aprender, saber lidar com a informação cada vez mais disponível, atuar com discernimento e responsabilidade nos contextos das culturas digitais, aplicar conhecimentos para resolver problemas, ter autonomia para tomar decisões, ser proativo para identificar os dados de uma situação e buscar soluções, conviver e aprender com as diferenças e as diversidades (BRASIL, 2017).

Fernandes Gama (2013), comenta sobre a renovação curricular, envolvendo os aspectos modernos da ciência, almejando que o estudante se torne um conhecedor dessa química que faz movimentar as pesquisas e os avanços tecnológicos no mundo. Neste sentido, muitos estudos à luz de Gil Perez, 1991; Mellado, 1996; Chassot, 2006; Schroeder *et al.*, 2009, entre outros, mostram as concepções que vêm

sendo discutidas por profissionais da educação, no Brasil e no mundo, suas expectativas sobre a ciência e sobre os processos de ensino e aprendizagem, discutindo ainda sua influência sobre a prática docente.

Ainda em acordo com a BNCC, o Ministério da Educação propôs mudanças que preveem auxiliar as áreas do conhecimento a se unirem, utilizando a interdisciplinaridade em função da aprendizagem, levando em consideração o sujeito e suas particularidades.

Na Educação Básica, a área de Ciências da Natureza deve contribuir com a construção de uma base de conhecimentos contextualizada, que prepare os estudantes para fazer julgamentos, tomar iniciativas, elaborar argumentos e apresentar proposições alternativas, bem como fazer uso criterioso de diversas tecnologias. O desenvolvimento dessas práticas e a interação com as demais áreas do conhecimento favorecem discussões sobre as implicações éticas, socioculturais, políticas e econômicas de temas relacionados às Ciências da Natureza (BRASIL, 2017).

O trecho acima sustenta que o conhecimento contextualizado permite aos discentes discutirem acerca dos temas explorados, dando os subsídios necessários para que sejam protagonistas do processo de aprendizagem, fazendo-os segurar uma afirmação e/ou uma negação, a partir do momento que se tornam detentores do conhecimento pretendido. Ao tomar iniciativas, os discentes demonstram participar efetivamente do processo, elaborando argumentos e apresentando proposições alternativas. E, todos esses eixos podem ser alcançados com a aprendizagem colaborativa.

Ao ressaltar o uso criterioso de diversas tecnologias, destaca-se também a compreensão do desenvolvimento linear de Auler (2007), onde a visão de progresso linear reflete-se em um modelo tradicional de pensar ciência. O autor alinha o modelo linear de progresso ao considerar que “o desenvolvimento científico (DC) gera desenvolvimento tecnológico (DT), este gerando o desenvolvimento econômico (DE) que determina, por sua vez, o desenvolvimento social (DS – bem-estar social).” (AULER, 2007).

Sem embargo, a química deve ser ensinada como um dos pilares da cultura do mundo moderno, destacando contextos que privilegiam a atualidade e que sejam capazes de mobilizar conceitos químicos importantes, fundamentais para a compreensão das mudanças e inovações da modernidade (MARTINS *et al.*, 2004).

Nesse sentido, contribuem também Martins, Maria e Aguiar (2003) ao destacarem a valorização da construção de conhecimentos químicos pelo aluno e a ampliação do processo ensino-aprendizagem ao cotidiano, aliadas às práticas de pesquisa experimental e ao exercício da cidadania, como veículo contextualizador e humanizador. Trata-se de formar o aluno para atuar como cidadão mais responsável e comprometido frente à sociedade científico-tecnológica atual, na qual a química aparece como relevante instrumento para investigação, produção de bens e desenvolvimento socioeconômico e interfere diretamente no cotidiano das pessoas. Abundantemente a química participa de processos naturais e tecnológicos, estando diretamente ligada a temas contemporâneos, associados aos avanços científicos e tecnológicos. Aliando isso ao fato das chamadas subáreas da química estarem em desenvolvimento, Rebello e colaboradores (2012) discorrem sobre a nanotecnologia ser trabalhada dentro da sala de aula, como parte valiosa do currículo dessa disciplina.

Apesar desse tema apresentar grande expansão na sociedade e de o termo nano poder ser percebido em ambientes variados desde os acadêmicos e técnicos, até a sociedade em geral, o real conhecimento que a sociedade tem sobre nanotecnologia é uma questão que deve ser discutida. Essa pode ser uma ótima oportunidade para se trabalhar esse tema na escola, por meio de atividades que possibilitem ao aluno ter um conhecimento dos potenciais benefícios e prejuízos que uma nova tecnologia pode trazer (REBELLO *et al.*, 2012)

E foi justamente a nanotecnologia a escolhida para protagonizar essa pesquisa, partindo do pressuposto que o manuseio da matéria em escala nanométrica tem favorecido o desenvolvimento de materiais com propriedades macroscópicas revolucionárias, como reportado por Martins e colaboradores (2004).

Os avanços nanotecnológicos têm permitido a produção de novos dispositivos eletrônicos, centenas de cosméticos que mudaram, profundamente, a eficiência dos cremes rejuvenescedores, além de ligas metálicas mais resistentes e tintas com maior capacidade de revestimento. Um bom exemplo são as nanofibras de grafite (GNF, graphite nanofibers) ou nanofilamentos e nanotubos de carbono (CNT, carbon nanotubes), que têm sido consideradas como nanomateriais promissores para emprego como suportes ou como catalisadores. Eles têm sido amplamente estudados, devido ao seu potencial de aplicação em diferentes áreas, tais como reforço de polímeros, eletrônica, estocagem de energia e catálise, em consequência das suas características específicas (SERP *et al.*, 2003).

A Nanox, de São Carlos-SP, por exemplo, agrega às resinas utilizadas no interior dos aparelhos nanopartículas antimicrobianas à base de prata. A empresa lançou a linha NanoxClean em 2009, com objetivo de evitar a ação de bactérias e fungos nos alimentos armazenados no interior de peças plásticas, mesmo que armazenadas em geladeiras e freezers (SANT ANNA, 2018).

Muitas destas inovações nanotecnológicas estão disponíveis no mercado, e várias já fazem parte de nossa rotina diária. No entanto, um fato que dificulta muito a divulgação e popularização dos produtos nanotecnológicos, bem como, a compreensão dos seus benefícios é que, por mais que a nanotecnologia ofereça avanços consideráveis para a sociedade, poucas escolas de ensino médio abordam este conteúdo em sala de aula.

Conforme reforçado por Silva e Lopes (2019), a N&N ainda é pouco abordada tanto nos currículos da Educação Básica e quanto nas licenciaturas da área de Ciências Naturais.

Adicionalmente, boa parte dos professores não teve a oportunidade, seja durante a formação acadêmico-profissional, seja durante o exercício profissional, de construir saberes sobre concepções prévias dos estudantes sobre N&N, dificuldades de aprendizagem sobre N&N, bem como estratégias de ensino sobre o referido conteúdo (Saberes da Formação Profissional). (SILVA e LOPES, 2019).

Com o intuito de privilegiar a inclusão desse tema no currículo básico do ensino médio e de tornar o ensino contextualizado ao cotidiano do estudante é que foi desenvolvido o projeto intitulado *#NanoTeam*, caracterizado pela promoção do aprendizado acerca da nanociência e nanotecnologia por meio de diferentes formas de ensino e com o uso da experimentação. Esta, por sua vez, tem o papel de auxiliar na investigação do tamanho das gotículas de ar presentes no preparo de uma omelete e sua influência na textura e sabor do alimento. Busca-se com este projeto a formação crítica de cidadãos que saibam reconhecer e entender o papel dessa tecnologia na sociedade atual. Idealiza-se o preparo do aluno para o julgamento, a iniciativa, a argumentação, a proposição de alternativas e para o uso criterioso da tecnologia.

## 2. OBJETIVOS

### 2.1 GERAL

Institucionalizar no espaço escolar um projeto didático, partindo de uma intervenção pedagógica sobre a compreensão da importância da nanotecnologia sob a ótica dos alunos do ensino médio, aliando à experimentação conteúdos de interação intermolecular, proteínas e alimento do cotidiano para juntos, formarem o projeto #NanoTeam.

### 2.2 ESPECÍFICO

Os objetivos específicos são:

- a) Desenvolver uma Atividade Experimental Problematizada (AEP) com base no método *Jigsaw Classroom* para o ensino/aprendizagem de conceitos nanoparticulados;
- b) Preparar um roteiro experimental lúdico envolvendo o preparo de omeletes abordando o conteúdo de tamanho de partícula e macromoléculas;
- c) Associar as propriedades macroscópicas da omelete às propriedades nanoparticuladas, com base nas interações intermoleculares;
- d) Mensurar a aprendizagem dos estudantes frente aos conceitos básicos da nanotecnologia com base na metodologia adotada;
- e) Conceber o projeto #NanoTeam como produto educacional a ser utilizado nas aulas de química do ensino médio.



### 3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

#### 3.1 ENSINO DE QUÍMICA

A busca pela interdisciplinaridade e contextualização das disciplinas como parte essencial na formação cidadã, de sentido universal e não somente de sentido profissionalizante, aparece em documentos como os PCNEM – Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (1999), que tinham como objetivo contribuir com o diálogo entre o professor e a escola sobre a prática docente.

Essa visão da formação cidadã evoluiu até a BNCC, ao destacar que os currículos têm papéis complementares para assegurar as aprendizagens essenciais definidas para cada etapa da Educação Básica, levando em conta que só se materializam essas aprendizagens, mediante o conjunto de decisões que “vão adequar as proposições da BNCC à realidade local, considerando a autonomia dos sistemas ou das redes de ensino e das instituições escolares, como também o contexto e as características dos alunos” (Brasil, 2017).

Nesse sentido, a contextualização pode ser entendida como forma de ultrapassar a relação interdisciplinar, alcançando a transdisciplinaridade. Segundo Moacir Gadotti (2000), “a transdisciplinaridade na educação é entendida como a coordenação de todas as disciplinas e interdisciplinas do sistema de ensino inovado sobre a base de uma axiomática geral, ética, política e antropológica”.

A Química participa do desenvolvimento científico-tecnológico com importantes contribuições específicas, cujas decorrências têm alcance econômico, social e político. O senso comum traz às pessoas as primeiras fontes de conhecimento da ciência, como quando alguém indica uma planta ou chá para determinada cura, por exemplo. Siqueira-Batista destaca a importância do ensino dessas tecnologias:

A educação científica e tecnológica tem sido intensamente discutida hodiernamente, tendo em vista o compromisso último das diferentes instituições de ensino: formar cidadãos capazes de entender o mundo no qual estão inseridos. Com efeito, a apreciação de temas da atualidade se constitui em abordagem bastante salutar para motivar as discussões sobre tais temáticas em sala de aula. Neste domínio se inserem a nanociência e a nanotecnologia, saberes que podem ser abordados de forma interdisciplinar, envolvendo as ciências exatas e da natureza de forma articulada às ciências humanas e sociais (SIQUEIRA-BATISTA, 2010).

Dessa forma, o papel do professor de química vai muito além de ensinar um componente curricular de forma sistêmica e pouco compreendida. É mostrar ao

estudante o quanto é essencial conhecer todas as aplicações, implicações e potenciais da química tanto na ciência e tecnologia quanto na sociedade e meio ambiente, fazê-lo opinar criticamente sobre essas e outras formas de conhecimentos para que seja um cidadão ativo e consciente da sociedade em que está inserido.

Para Lopes (2012), é desafiador investir em atividades diferenciadas para os discentes, sendo de extrema importância saber avaliar essa nova metodologia. Ele relata:

Propor uma atividade de investigação é uma tarefa desafiadora para o professor uma vez que é de fundamental importância ter objetivos claros. Deve-se considerar a participação do aluno nesse processo de investigação de um determinado fenômeno e levar em conta outros aspectos como elaboração de hipóteses, análise e interpretação de resultados, considerando a dimensão coletiva do trabalho. Na análise dos dados é importante considerar se o resultado obtido responde à questão proposta bem como os fatores que interferiram no resultado ou quais foram às fontes de erro. Dessa forma o mais importante do trabalho, não é apenas o desenvolvimento da atividade de investigação, mas a avaliação da capacidade dos estudantes de raciocinar e a habilidade para resolução de problemas (LOPES, 2012).

Outro ponto importante refere-se ao entendimento dos estudantes em relação aos três níveis do conhecimento químico e às dificuldades encontradas na transição entre o macroscópico, o microscópico e o representacional. Frequentemente nas escolas, o que é ensinado nem sempre é aprendido, fato este motivado pela memorização de conceitos contrariando os objetivos do ensino e da aprendizagem de química.

Consoante a Sirhan (2007) a química, por sua própria natureza, é altamente conceitual, o que já demanda certo empenho e dedicação para seu discernimento. Em decorrência dessa conjuntura, tanto o ensino quanto a aprendizagem sofrem previamente dificuldades na forma com que os conteúdos são lecionados. O autor reitera a importância de o conhecimento químico percorrer os três níveis do ensino, ao afirmar que:

[...] as interações e distinções entre eles são importantes características de aprendizagem de química e necessárias para realização na compreensão conceitos químicos. Portanto, se os alunos possuem dificuldades em um dos níveis, pode influenciar o outro (SIRHAN, 2007).

Pauletti *et al.* (2014) pesquisaram sobre as possibilidades de exploração dos conceitos químicos no contexto escolar e, dentre suas investigações, destacaram o uso de aulas teóricas, que abordem paralelamente os conceitos químicos em nível simbólico e microscópico. E ainda, a fusão dos universos microscópico e

macroscópico no uso da experimentação, que por sua vez, é capaz de servir-se do nível simbólico conforme sua pretensão em aliar teoria e realidade.

Equitativamente, Guimarães (2009) salienta que o conteúdo a ser trabalhado na experimentação caracteriza-se como resposta aos questionamentos feitos pelos educandos durante a interação com o contexto criado. Deste modo, os desafios propostos podem e devem estimular a curiosidade e o confronto de ideias, tornando os estudantes mais ativos no processo de ensino-aprendizagem.

O currículo de química abrange uma infinidade de conteúdos a serem trabalhados direta ou indiretamente na educação básica, tanto na promoção do conhecimento científico e tecnológico, quanto na busca pelo desenvolvimento crítico, social e sustentável do mundo.

Um dos conteúdos relevantes para o currículo é o ensino das interações intermoleculares. Por intermédio dessas interações, diversas propriedades como solubilidade, volatilidade, ponto de fusão, ponto de ebulição, constante elétrica, a adsorção e a velocidade de passagem de um composto por uma coluna cromatográfica, são possíveis de serem explicadas.

Pereira e Pires (2012) comentam a importância de o tema ser discutido no ensino médio, pois o conhecimento de como se dá as interações intermoleculares auxilia a compreender os diversos fenômenos físicos e químicos presentes no dia a dia.

### 3.2 INTERAÇÕES INTERMOLECULARES

As interações intermoleculares ocorrem entre moléculas de mesma substância ou moléculas diferentes e podem ser classificadas em Ligação de Hidrogênio, Dipolo Permanente, Dipolo Induzido e Interação entre Íons. Em definição Rocha (2001), descreve:

Quando moléculas, átomos ou íons aproximam-se uns dos outros, dois fenômenos podem ocorrer: (i) eles podem reagir ou (ii) eles podem interagir. Uma reação química por definição requer que ligações químicas sejam quebradas e/ ou formadas. Usualmente as energias envolvidas neste processo variam entre 50 e 100 kcal.mol<sup>-1</sup>. Uma interação química significa que as moléculas se atraem ou se repelem entre si, sem que ocorra a quebra ou formação de novas ligações químicas. Estas interações são frequentemente chamadas de interações não covalentes ou interações intermoleculares. As energias envolvidas em tais tipos de interações são muito menores que aquelas envolvidas em processos reativos, variando usualmente entre 0,5 a 10 kcal.mol<sup>-1</sup> (ROCHA, 2001).

Diversos estudos acerca das interações intermoleculares vêm corroborando a sua importância sobre o desenvolvimento científico moderno: Fraga, 2001; Rocha, 2001; Ludwig, 2005; Oliveira e Araújo, 2007; Júnior, 2008; Rodrigues, 2017; Seribeli, 2019; entre outros. Sabe-se que o comportamento das funções químicas e biológicas é muito influenciado por essas interações, que por sua vez, são de suma importância na escala molecular e influenciam nas propriedades que são observadas no universo macroscópico (ROCHA, 2001).

Identificam-se nas literaturas muitas dificuldades dos estudantes sobre as interações intermoleculares (Ayres e Arroio, 2009; Pereira e Pires, 2012; Junqueira, 2017; entre outros), como por exemplo, a influência da estrutura da molécula sobre a polaridade e as propriedades físicas das substâncias químicas. As mesmas estão intimamente relacionadas com propriedades termodinâmicas de líquidos, sólidos e gases. Portanto, a aprendizagem de tais interações intermoleculares é de extrema relevância para se entender o comportamento de sistemas químicos a nível molecular (ROCHA, 2001).

Não obstante, os alunos também têm dificuldade em reconhecer, a nível microscópico, o caráter descontínuo da matéria. Isso se deve as limitações visuais humanas frente ao mundo microscópico e à ausência de referenciais que nos auxiliem no pleno entendimento das interações intermoleculares diante das inúmeras abstrações químicas (ROCHA E CAVICCHIOLI, 2005).

Irrefutavelmente, a elucidação da evolução dos modelos atômicos, de maneira clara e contextualizada, proporcionará um melhor entendimento aos alunos sobre as interações intermoleculares. Além do mais, se houver possibilidade em aliar esses conteúdos ao cotidiano, de modo a envolver interdisciplinarmente os estudantes, os benefícios serão imensuráveis.

Gomes (2013), ao propor o ensino interdisciplinar entre nanotecnologia e ligação química, envolvendo ainda a inovação tecnológica, constatou que os estudantes apresentaram maior domínio sobre esses assuntos. Observaram-se estudantes mais estimulados, buscando aprender sobre outras disciplinas, pois agora, a química recebeu sentido e aplicabilidade no seu cotidiano.

Essa nova tecnologia deve ser discutida em sala de aula, devido a sua importância e, à possibilidade de contextualização com os conteúdos do currículo básico de química.

Neste sentido, este trabalho buscou contextualizar o ensino sobre as interações intermoleculares, tal qual sua utilização acerca das ligações químicas, frente a nanotecnologia e uma de suas propriedades, no caso o tamanho.

### 3.3 NANOTECNOLOGIA

E se fosse possível colocar na cabeça de um alfinete toda a enciclopédia britânica? Magia ou química? Criar novos materiais, manipular moléculas, átomos, seria possível? Loucura ou ciência? Então, em 1959, o físico norte-americano Richard Feynman discursou a respeito desse campo da ciência, ainda desconhecido, durante o encontro anual da Sociedade Americana de Física no Instituto de Tecnologia da Califórnia (Caltech). Toda a comunidade científica foi surpreendida com sua palestra intitulada: *"There's Plenty of Room at the Bottom: an Invitation to Enter a New Field of Physics"* – “Há mais espaços lá embaixo: Um convite para penetrar em um novo campo da física”, sendo considerado o marco inicial para que fosse possível a manipulação de átomos e moléculas para a criação de novos materiais.

O termo nanotecnologia foi definido pela Universidade Científica de Tóquio, no ano de 1974. Mas foi somente a partir do ano de 2000 que a nanotecnologia começou a ser desenvolvida e testada em laboratórios.

Define-se etimologicamente à luz de Toma e Araki que:

Nano – que significa ‘anão’, em grego – é o prefixo usado na notação científica para expressar um bilionésimo ( $10^{-9}$ ). Um nanômetro (nm), por exemplo, equivale a  $10^{-9}$  m, ou seja, um bilionésimo de metro. Nessa escala de tamanho, um minúsculo vírus, invisível a olho nu, se apresenta como uma incrível entidade com cerca de 200 nm. Apesar da dimensão ínfima, ele camufla, na realidade, uma complexa máquina molecular aparelhada com todos os dispositivos para invadir as células de organismos superiores e utilizá-las em sua reprodução, proporcionando um exemplo típico de tecnologia nanométrica colocada em prática pela natureza (TOMA e ARAKI, 2005).

A manipulação dos átomos em escala nanométrica faz com que a matéria adquira propriedades macroscópicas diferentes daquelas encontradas nos materiais comuns. Numa mesma substância são verificadas mudanças nas características, como na condutividade elétrica, reatividade, mudança de cor e resistência, reatividade, novas propriedades mecânicas, materiais que se tornam mais resistentes, mais fortes, mais leves, mais elásticos, novas propriedades magnéticas, enfim, tudo isso apenas com a manipulação em nanoescala.

O exemplo mais marcante é apresentado pelo ouro, que é o metal mais nobre e, portanto, o menos reativo. Em tamanho nanométrico, entretanto, os átomos de ouro se transformam em catalisadores ativos em muitas reações. Suas partículas pequenas (1-20 nm) apresentam estruturas cristalinas com faces bem definidas minimizando a energia superficial e fazendo com que a reatividade aumente dependendo de sua estrutura (SOMORJAI, 1994).

Santos (2014) descreve a eficácia significativa da nanotecnologia sobre os produtos, como os eletrônicos, permitindo a compactação dos computadores a microcomputadores e chips. Comenta, também, sobre as pesquisas a respeito da condutividade do grafeno, disposto em uma estrutura laminar e composta por átomos de carbono que se agrupam formando hexágonos, fazendo-o possuir uma condutividade elétrica perfeita e permitindo que os elétrons deslizem sobre eles, o que pode ser aplicado em telas touchscreen.

A indústria alimentícia vem empregando diversas inovações nanotecnológicas em seus processos de manufatura, em diferentes setores, como observado no texto de Almeida e colaboradores (2015).

A nanotecnologia tem grande potencial de aplicação na indústria de alimentos. Por exemplo, pela incorporação de nanopartículas com propriedades antimicrobianas; nanosensores capazes de detectar produtos químicos, agentes patogênicos e toxinas em alimentos; nanopartículas bioativas capazes de manter os compostos em condições ideais, até a sua migração para o produto alimentício e nanocompósitos, que melhorem as propriedades de flexibilidade, barreira a gases e umidade e quanto à absorção de irradiação UV dos materiais aos quais são incorporados, assim como a estabilidade frente à temperatura (ALMEIDA *et al.*, 2015).

Barros (2011) também se refere o dióxido de titânio, que na forma de nanopartícula é usado como agente antimicrobiano e protetor UV (Ultravioleta) em embalagens e recipientes e comercializada como aditivo alimentar.

No processo industrial é possível aplicar a nanotecnologia em maquinários de produção, de forma que os nanomateriais possam entrar em contato direto com os alimentos, por exemplo, no revestimento de máquinas que usam nanopeneiras para eliminar bactérias. Alimentos funcionais podem conter nanomateriais como aditivos ou suplementos, com sistema de liberação programado, destinado a aumentar a eficácia de compostos bioativos, como peptídeos, carboidratos ou lipídeos (BOUWMEESTER *et al.*, 2009 *Apud* BARROS, 2011).

Por outro lado, quando são analisadas as perdas pós-colheita de frutas e hortaliças, principalmente no Brasil, é possível salientar significativos ganhos na utilização da nanotecnologia tanto na produção quanto no manejo de cultura, necessários à produção desses alimentos. A principal motivação deve-se a tentativa de diminuir tais perdas, que podem chegar a 40% em relação à produção. Um dos projetos da EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária sugere:

[...] existem diversas razões para essas perdas tão elevadas, como a ausência da cadeia do frio, manuseio intenso e a não utilização de embalagens adequadas. O uso das embalagens é um fator importante para manutenção da qualidade pós-colheita de frutos, e a incorporação de aditivos como nanopartículas é uma alternativa para melhorar as propriedades mecânicas, podendo conferir maior estabilidade térmica, barreiras de gases e ação antimicrobiana. Desta forma, a aplicação da nanotecnologia aplicada a pós-colheita de frutas e hortaliças, pode auxiliar na prevenção do crescimento microbiano, proporcionando um alimento seguro e na manutenção da conservação pós-colheita com redução de perdas [...] (EMBRAPA, 2018).

Na medicina também vem sendo estudada para reduzir infecções, bem como prevenir colonização bacteriana em superfícies de prótese, cateteres, materiais odontológicos e na indústria de alimentos em superfícies de aço inoxidável. As nanopartículas de prata também podem ser empregadas no controle microbiano em tecidos e no tratamento de água (GUZMÁN *et al.*, 2009).

Os benefícios da nanotecnologia na área terapêutica vêm sendo apresentados em inúmeros trabalhos. A maior parte deles foca no desenvolvimento de formulações nanotecnológicas destinadas ao tratamento do câncer, de doenças inflamatórias, cardiovasculares, neurológicas e ao combate do vírus da AIDS – Imunodeficiência adquirida (DIMER *et al.*, 2013).

Os fármacos anticancerígenos são encapsulados em nanocarreadores, aumentando a sua eficácia terapêutica, reduzindo a sua toxicidade e consequentes efeitos adversos, quase sempre severos. Sob determinadas condições os nanocarreadores aumentam a seletividade dos fármacos anticancerígenos, fazendo-os atingir apenas as células tumorais, visto que estas apresentam características particulares. Devido ao seu tamanho reduzido, na ordem dos nanômetros, estes são capazes de interagir diretamente com as células e biomoléculas.

Estamos testemunhando uma evolução do conceito de tratamento, de inespecífico, efeito tóxico, generalizado, de corpo inteiro para altamente específico, detecção direcionada e entrega *in situ* de quimioterápicos agentes e tratamentos personalizados. Como nanotecnologias estão sendo melhorados, os efeitos colaterais dos tratamentos anticâncer diminuirão,



proporcionando melhor qualidade de vida aos pacientes e sobrevivência ampliada. Por fim, esse é o principal objetivo da nanomedicina e espera-se que se torne uma realidade no futuro próximo (GONÇALVES *et al.*, 2012).

Uma equipe multidisciplinar de cientistas, envolvendo pesquisadores dos Laboratórios Nacionais de Luz Síncrotron (LNLS), Biociências (LNBio) e Nanotecnologia (LNNano) e da Unicamp (Universidade Estadual de Campinas) já vem desenvolvendo essa tecnologia baseada em nanopartículas de sílica revestidas por um tipo de molécula orgânica, o folato. “A célula de câncer expressa mais receptores de folato que as células normais”, com isso, as nanopartículas acabam sendo mais absorvidas pelo tumor do que por tecidos saudáveis, já que podem carregar os quimioterápicos (ORSI, 2016).

As vantagens para o meio ambiente também são inegáveis. O uso de nanomateriais catalíticos, por exemplo, que aumentam a eficiência e a seletividade de processos industriais, consomem menos energia, produzem menos resíduos indesejáveis, contribuem para a diminuição da poluição do meio ambiente. A adsorção de metais e substâncias orgânicas, devido à grande área superficial das nanopartículas, também são facilitadas sendo aproveitadas em processos de tratamento de água, solos contaminados e efluentes industriais, baseados na degradação química ou fotoquímica de poluentes orgânicos (QUINA, 2004).

Entretanto, a nanotecnologia traz consigo alguns riscos ao meio ambiente e, conseqüentemente, à saúde humana, assim como qualquer outra área da tecnologia que faça uso intensivo de novos materiais e substâncias químicas. Quina ressalta que:

As mesmas características que tornam as nanopartículas interessantes do ponto de vista de aplicação tecnológica, podem ser indesejáveis quando essas são liberadas ao meio ambiente. O pequeno tamanho das nanopartículas facilita sua difusão e transporte na atmosfera, em águas e em solos, ao passo que dificulta sua remoção por técnicas usuais de filtração. Pode facilitar também a entrada e o acúmulo de nanopartículas em células vivas. De modo geral, sabe-se muito pouco ou nada sobre a biodisponibilidade, biodegradabilidade e toxicidade de novos nanomateriais [...] (QUINA, 2004).

O autor alerta que essa ascensão requer cuidados quanto aos limites biológicos e ambientais, visto que o avanço tecnológico também mudou o caráter da poluição por nanopartículas, expandindo assim a variedade de composições químicas. A nanotoxicologia é uma área em ascensão que visa analisar a potencialidade tóxica das nanopartículas. Pesquisas iniciais têm sugerido que a diminuição da dimensão torna os compostos quimicamente mais reativos, o que acelera a disseminação das



partículas em solução (PYRRHO, 2012). Deve-se levar em conta também que a toxicidade das nanopartículas depende de vários fatores, incluindo tamanho, agregação, composição, cristalinidade, funcionalização da superfície, etc. (BUZEA, 2007).

Buzea (2007) destaca que os efeitos adversos das nanopartículas na saúde humana dependem de fatores individuais, como genética e doenças existentes, bem como exposição e química das nanopartículas, tamanho, forma, estado de aglomeração e propriedades eletromagnéticas.

A chave para entender a toxicidade das nanopartículas é que seu tamanho minúsculo, menor que as células e organelas celulares, permite que elas penetrem nessas estruturas biológicas básicas, interrompendo sua função normal. Exemplos de efeitos tóxicos incluem inflamação do tecido e equilíbrio redox celular alterado em direção à oxidação, causando função anormal ou morte celular. A manipulação da matéria na escala de átomos, “nanotecnologia”, está criando muitos novos materiais com características nem sempre facilmente previstas com base no conhecimento atual (BUZEA, 2007).

Na linha tênue que separa a expansão tecnológica favorável e as desconhecidas potencialidades, investimentos se fazem necessários. O Brasil, por sua vez, tem avançado consistentemente no desenvolvimento de relevantes ações em ciência, tecnologia e inovação. Há um consenso entre os setores, da necessidade de regulação em nanotecnologia. O elevado grau de incertezas sobre a segurança dos produtos e processos nanotecnológicos juntamente com a ausência de regulação gera insegurança jurídica, sendo esta prejudicial ao desenvolvimento, produção e comercialização desses produtos (ANVISA, 2014).

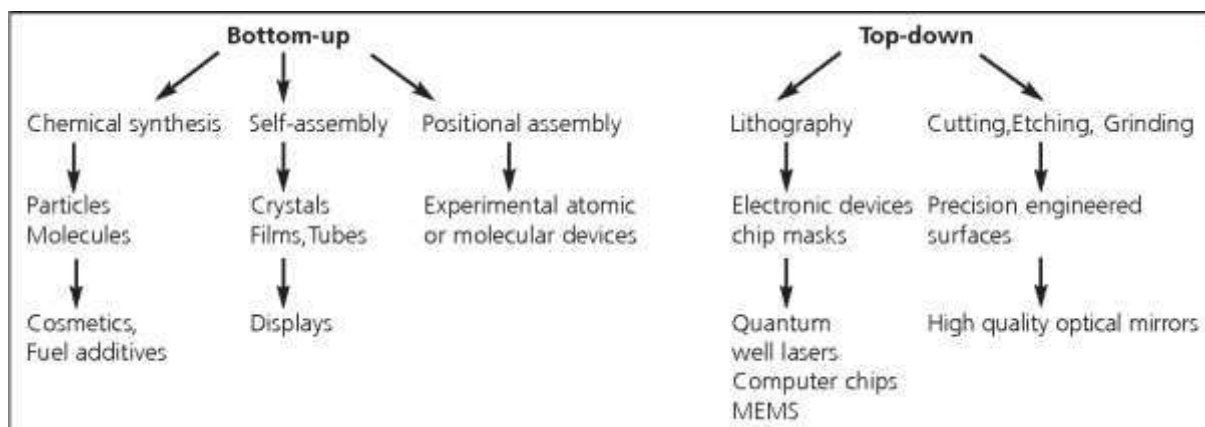
De acordo com o Diário Oficial da União a Portaria no 3.459, de 26 de julho de 2019, do MCTIC – Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações, instituiu a IBN – Iniciativa Brasileira de Nanotecnologia. A IBN foi lançada em 2013 com o objetivo de criar, integrar e fortalecer ações governamentais para promover o desenvolvimento científico e tecnológico da nanotecnologia, com foco na promoção da inovação da indústria brasileira e na prosperidade econômica e social. A publicação da portaria inicia o processo de preenchimento de uma importante lacuna no marco legal da nanotecnologia, como principal programa estratégico para incentivo do setor no país (MCTIC, 2019).

De acordo com a The Royal Society e a The Royal Academy of Engineering (2004), existe uma grande variedade de técnicas de manufatura em nanoescala que são

comumente divididas em duas abordagens principais: (i) *top-down*; e (ii) *bottom-up*. A Figura 1 representa esquematicamente as técnicas de manufatura em nanoescala, classificadas abaixo.

Nanomaterials can be constructed by 'top down' techniques, producing very small structures from larger pieces of material, for example by etching to create circuits on the surface of a silicon microchip. They may also be constructed by 'bottom up' techniques, atom by atom or molecule by molecule. One way of doing this is self-assembly, in which the atoms or molecules arrange themselves into a structure due to their natural properties. Crystals grown for the semiconductor industry provide an example of self-assembly, as does chemical synthesis of large molecules. A second way is to use tools to move each atom or molecule individually. Although this 'positional assembly' offers greater control over construction, it is currently very laborious and not suitable for industrial applications ((The Royal Society/ The Royal Academy of Engineering, 2004, p.7).

**Figura 1** – Métodos de manufatura em nanoescala: *top-down* e *bottom-up*.



**Fonte:** The Royal Society/The Royal Academy of Engineering (2004).

Em outras palavras, a técnica conhecida como *top-down* objetiva reproduzir algo já existente, contudo em escala menor que a original, sendo a mais tradicional no desenvolvimento de nanoestruturas. Já a técnica chamada de *bottom-up*, consiste na criação de estruturas, átomo por átomo ou molécula por molécula. Numa tradução livre a primeira técnica pode ser entendida como uma produção “de cima para baixo” e a segunda, como uma produção “de baixo para cima”. De qualquer modo, ambas estão diretamente ligadas a uma propriedade nanoparticulada muito importante: o tamanho.

### 3.3.1 Tamanho: uma importante propriedade nanoparticulada

O conceito tamanho é muito utilizado em nossa língua para referir às medidas e às dimensões físicas de um objeto qualquer, tais como um móvel, uma peça de roupa, um utensílio doméstico, entre outros. É um adjetivo originado do latim *tam magnus*, que significa 'tão grande'.

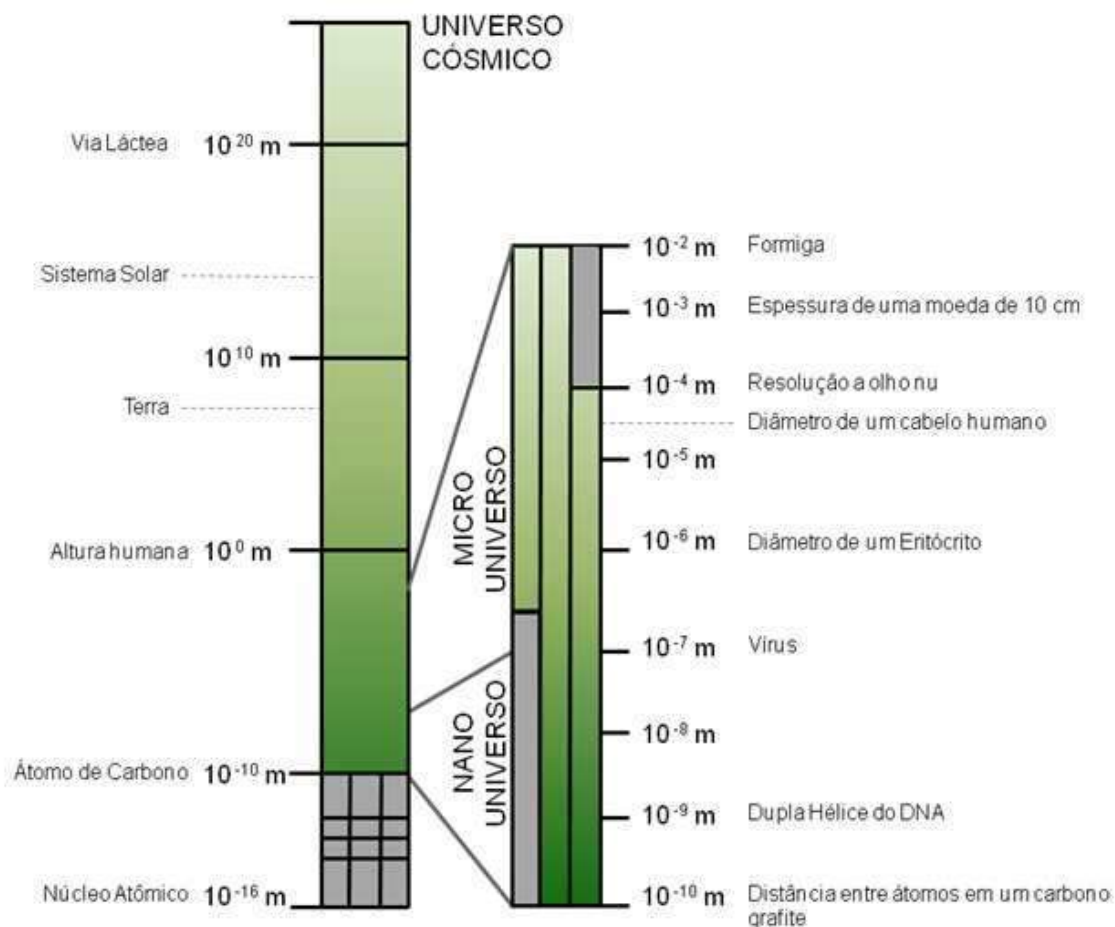
O atributo mais importante que define a nanopartícula é o tamanho. Só para se ter uma noção do tamanho, 1 nm (um nanômetro) equivale aproximadamente ao comprimento de dez átomos enfileirados. A dimensão de uma molécula de DNA (Ácido Desoxirribonucleico), por exemplo, situa-se na escala de 100 nm e é um pouco menor que a de um vírus (TOMA, 2004, p.13).

Outros exemplos de comparações com as dimensões do “nanômetro” são encontrados nas bibliografias, como as hemácias que são da ordem de 10000 nm, o fio de cabelo que possui cerca de 100000 nm. Roco acrescenta:

Uma molécula de água é de cerca de 1nm de tamanho, um nanotubo de parede simples é de cerca de 1,2 nm de diâmetro [...]. Moléculas de DNA são cerca de 2,5 nm de largura, uma típica proteína é entre 1 e 20 nm, e um motor bioquímico ATP encontrados em células vivas é cerca de 10 nm de diâmetro (ROCO, 2002, p.2).

A Unesco – Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (2006) produziu um material chamado *A Ética e a Política da Nanotecnologia* que, dentre várias vertentes, apresentou um esquema didático de nanoescala (Figura 2), sendo esta traduzida para o português pela PUC – Rio (Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro).

**Figura 2 –** Representação da nanoescala com alguns exemplos.



**Fonte:** Unesco, 2006.

A importância desta propriedade pode ser observada em Lammers (2011) ao frisar que as formulações de nanomedicina visam melhorar a biodistribuição e o acúmulo no local alvo de agentes terapêuticos (químico), quando estes são administrados sistemicamente.

Muitos tipos diferentes de nanomedicina foram avaliados ao longo dos anos, incluindo, por exemplo, lipossomos, polímeros, micelas e anticorpos, e uma quantidade significativa de evidência foi obtida, mostrando que esses materiais portadores do tamanho de submicrômetros são capazes de melhorar o equilíbrio entre a eficácia e a toxicidade de intervenções terapêuticas (LAMMERS, 2011).

As vantagens oferecidas pelos nanomedicamentos são mostradas por meio das pesquisas que comprovam um aumento na área de superfície em relação ao seu volume, essencialmente devido ao fato de ter seu tamanho reduzido, fazendo com que este medicamento atue no local adequado, atinja menos células saudáveis, e

carreie uma maior quantidade de medicação. Portanto, conclui-se que o tamanho é uma propriedade fundamental para que medicamentos nanotecnológicos possam apresentar efeitos diferenciados em relação aos medicamentos convencionais.

A aplicação da nanotecnologia na Informática também gera explicações quanto a importância da nanoescala, visto que os dispositivos que vêm sendo produzidos têm dimensões cada vez menores. Contudo, cada vez mais apresentam uma maior capacidade para o processamento de informações. Pinaffi (2017), relata:

A cada nova evolução da tecnologia o tamanho dos transistores, peças centrais dos atuais computadores, e outros componentes, torna-se menor e mais eficiente o que se traduz em maior performance dos novos chips dos processadores que neles se baseiem; embora de tamanho igual ou menor aos da geração anterior, esses chips podem combinar um número muito maior de componentes ativos em uma única unidade. Ao mesmo tempo, uma redução na escala física levará também a uma economia de energia, já que a potência desperdiçada por um dispositivo é proporcional a seu tamanho. (PINAFFI, 2017)

Doravante, para a garantia da consolidação da nanotecnologia no mercado mundial, faz-se necessário uma maior disponibilidade de informações sobre benefícios e riscos da aplicação, contribuindo para que o consumidor possa ter argumentos para adquirir ou rejeitar um produto que englobe esta tecnologia (MARTINS *et al.*, 2015). Deste modo, o ensino da nanotecnologia torna-se indispensável para este fim.

### **3.3.2 Ensino da nanotecnologia na educação básica**

Os Parâmetros Curriculares Nacionais para o ensino básico defendem que temas relevantes e atuais, merecem atenção no ensino de ciências moderno e contemporâneo. Dessa maneira é indispensável que os alunos conheçam a respeito da Nanociência e da Nanotecnologia e suas potencialidades, levando em consideração que os avanços provenientes de sua utilização podem resultar em uma venerável revolução tecnológica.

Câmara e colaboradores (2011), impulsionaram o ensino da nanotecnologia no Sertão do Pajeú – PE e, posteriormente aos questionários aplicados e às inúmeras formas de divulgação científica utilizadas, atestaram:

Por fim constatamos que houve um crescimento de 80% em relação aos alunos que sabem responder a primeira pergunta e sabem o que é Nanotecnologia e Nanociência, e que através desse trabalho aprenderam realmente algo sobre Nanotecnologia e que assim estão prontos para entender todas as mudanças que esta ciência trará para o nosso cotidiano (CÂMARA *et al.*, 2011).

Gama (2013) faz uma interessante articulação entre a abordagem temática da nanotecnologia e a interdisciplinaridade na aula de física, ao descrever:

A princípio o foco era utilizar como tema gerador a física de nanoestruturas e seu impacto social. No entanto, como as atividades foram construídas para que houvesse uma maior participação dos alunos, a sequência foi sendo construída de forma diferente, e apesar de ser abordado o aspecto físico das nanoestruturas, com discussão de diversos temas da N&N, não ficamos atrelados apenas ao conteúdo de física, mas também aprofundamos as discussões sobre o impacto da introdução da nanotecnologia na sociedade. [...] Considerando a avaliação feita pelos alunos, fica claro o dilema da educação, que por um lado se quer formativa, mas por outro, busca focar no vestibular. Todos os grupos avaliaram o curso como inovador e positivo, e alguns grupos sugeriram que cursos sobre nanociência e nanotecnologia façam parte do currículo escolar, dado que estas áreas impactarão fortemente na sociedade contemporânea. Por outro lado, alguns grupos também acharam que houve uma perda no aprofundamento em questões para a realização do vestibular (GAMA, 2013).

Gomes e Câmara (2013), pesquisaram uma forma de combinar interdisciplinarmente a nanotecnologia ao estudo de Ligação Química, implementando a Alfabetização Científica e Técnica no ensino de Química do ensino médio. Após a aplicação dos questionários, juntamente com as disciplinas de matemática e física, concluíram:

Utilizar a nanociência e nanotecnologia como agente motivador ao aprendizado das ligações químicas desperta no aluno o interesse pela investigação, pela compreensão do novo mundo que lhe é apresentado e, de forma interdisciplinar, melhora seu desempenho frente aos assuntos estudados. Desse modo, foi possível perceber o grande avanço dos alunos em relação aos temas estudados. Observa-se que o grande número de respostas “não sei”, apresentadas no primeiro questionário, deram lugar para respostas melhor estruturadas (GOMES e CÂMARA, 2013).

Pantoja e colaboradores (2016), destacam que a falta de práticas que relacionam a teoria com o cotidiano dos alunos acaba desestimulando e prejudicando o ensino-aprendizagem. Além dos experimentos de baixo custo e sem risco algum, foram utilizados vídeos com documentários, filme, apresentações em slides, artigos científicos e debates sobre o tema. Permitindo aos autores concluírem:

Com base no questionário de avaliação do desempenho das aulas é possível constatar que os alunos ficaram satisfeitos com a metodologia e os materiais utilizados, com o modo como o conteúdo foi exposto e com a duração das atividades. O questionário de avaliação do entendimento do conteúdo mostra que os alunos assimilaram os conceitos apresentados, tendo, a maioria deles acertado mais da metade das respostas. Portanto, observa-se que é possível, mesmo que de forma pontual, apresentar aos alunos, tópicos de Nanociência com uma linguagem simples e objetiva (PANTOJA *et al.*, 2016).

Similarmente aos trabalhos mencionados, Jing *et al.* (2019), trabalhou com alunos do ensino fundamental 2 sobre nanotecnologia, optando pelo uso de objetos de

aprendizagem disponíveis no site NanoEACH (<http://www.each.usp.br/nanoeach/>). Um site que promove o conteúdo científico relacionado à nanotecnologia, que disponibiliza alguns vídeos e materiais com uma linguagem destinada ao público em geral de maneira lúdica e criativa, foi o ponto inicial para a consolidação do trabalho que defende:

O conhecimento em nanotecnologia pode ser abordado por diferentes recursos didáticos, como é o caso da tecnologia da informação, minimizando a barreira da transposição desse conhecimento para o ensino básico [...] Os resultados obtidos neste trabalho mostram, de maneira clara, a contribuição de cada um dos recursos didáticos empregados e, principalmente, mostrando aos alunos os inúmeros benefícios e aplicações da nanotecnologia, a qual se trata de uma contribuição de químicos, físicos, matemáticos, engenheiros e biólogos para a sociedade (JING *et al.*, 2019).

Ao analisar os livros didáticos oferecidos ao ensino da educação básica no Brasil, Camara e Prochnow (2016), constataram a escassa contextualização e, até mesmo, instauração de temas da nanociência e nanotecnologia – N&N – nos livros analisados. Baseadas nessa análise, manifestam:

A abordagem do tema N&N é um desafio para os educadores, pois muitas vezes esse tipo de assunto faz parte de uma atmosfera de ficção, tornando a “materialização” mais abstrata para o aluno. Grande parte dos materiais disponíveis na internet, por exemplo, tem origem estrangeira, o que dificulta o entendimento aos alunos brasileiros. Surge então uma oportunidade de desenvolvimento de material didático de claro entendimento para nossos estudantes, o que facilitaria bastante a prática docente na inserção das N&N na sala de aula (CAMARA e PROCHNOW, 2016).

Esses e outros trabalhos já publicados sugerem o ensino da nanotecnologia e, sobretudo, sua contextualização com conceitos do cotidiano e conteúdos do currículo básico. Um outro ponto é a interdisciplinaridade, que melhora o desempenho do aluno e amplia as perspectivas de adquirir o conhecimento. Isso posto, percebeu-se tamanha relação entre este assunto e as proteínas, não somente na contextualização a respeito de interação intermolecular, mas também, a interdisciplinaridade com biologia/bioquímica.

### 3.4 PROTEÍNAS

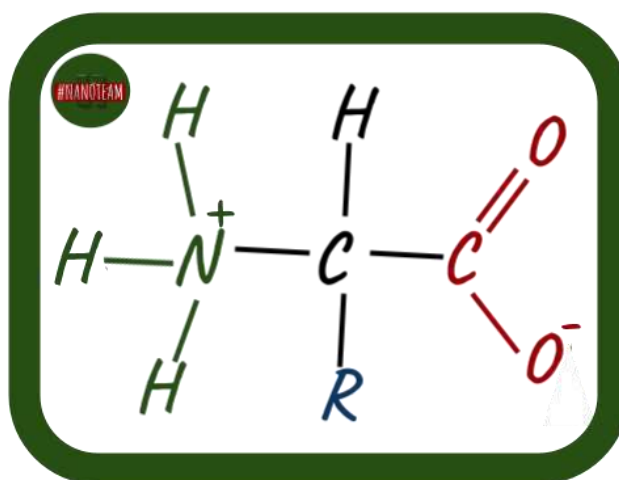
As proteínas são polímeros formados a partir da condensação de aminoácidos. Mesmo apresentando estruturas e funções tão diversificadas, elas são sintetizadas usando apenas 20 aminoácidos diferentes. Apesar do número relativamente pequeno



de aminoácidos, a possibilidade de combinação para formar proteínas é muito grande (FRANCO, 2014).

Os aminoácidos são compostos de função mista de ácido carboxílico e amina. O radical R é um grupo substituinte que pode ser um simples átomo de hidrogênio, mas também pode ser substituído por grupos complexos. Podemos observar essa estrutura na Figura 3 a seguir.

**Figura 3** – Representação da estrutura básica de um aminoácido.



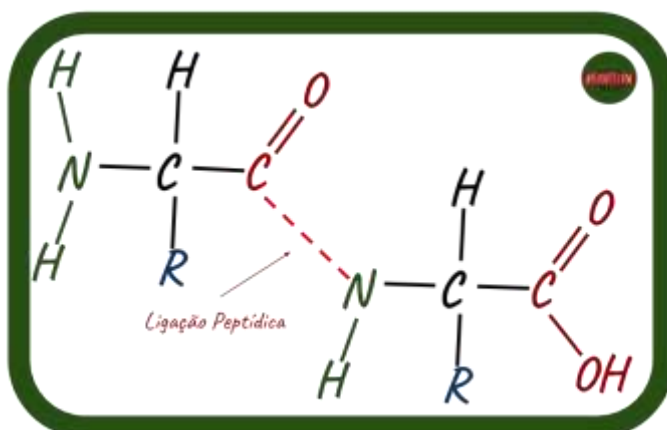
**Fonte:** A autora, 2020.

As propriedades físicas das cadeias laterais R dos aminoácidos, principalmente o fato de algumas delas terem afinidade pela água e outras não, são importantes para a conformação das proteínas e, portanto, para sua função. Os aminoácidos formados por cadeias apolares são chamados de hidrofóbicos e, os formados por cadeias polares, hidrofílicos (FRANCO, 2014).

As proteínas são formadas por reação de polimerização de um número muito grande de  $\alpha$ -aminoácidos. Essa polimerização se dá quando um ácido carboxílico de um aminoácido reage com uma amina de outro aminoácido, formando uma amida. Essa ligação formada durante esse processo é denominada ligação amídica ou ligação peptídica. Na realidade, nas células procarióticas e eucarióticas a ligação peptídica das proteínas é formada por meio de um maquinário bioquímico complexo, envolvendo o RNA mensageiro, RNA ribossômico, RNA transportador, entre outros. Observa-se a seguir um exemplo de estrutura polimérica (Figura 4).



**Figura 4** – Representação de uma ligação peptídica.



**Fonte:** A autora, 2020.

Um bom exemplo de proteína, muito presente no cotidiano, é a contida nos ovos - a albumina. As albuminas apresentam como principal propriedade, que as distingue de todas as outras proteínas, a sua solubilidade em água. Exemplos de albumina incluem a clara do ovo (ovoalbumina), do leite (lactalbumina) e de ervilhas (legumitina). A ovoalbumina (Figura 5) é uma glicofosfoproteína constituída por cadeia peptídica de 385 aminoácidos (MW = 42.700 Da). Grupos hidroxila das cadeias laterais da serina-68 e serina-344 são esterificados com ácido fosfórico e um oligossacarídeo é anexado à cadeia lateral da asparagina-292 (ROTH, 2012).

**Figura 5** – Representação da proteína Ovoalbumina.



**Fonte:** Extraída do PDB *Protein Data Bank* (<https://www.rcsb.org/>) e modificada pelo Software livre Pymol (versão 2.3.2) pela autora, 2020.

Quando em solução, a ovoalbumina pode ser desnaturada por agitação e, pode também, coagular por aquecimento. Vale salientar que o processo de desnaturação, ocorre devido à alteração da conformação tridimensional nativa da proteína. Dessa maneira, essa reação se concretiza quando as proteínas são submetidas a fatores físicos como: alteração da temperatura e estresse mecânico, estes atuam destruindo suas propriedades fisiológicas. Também, podem ser causados por agentes químicos como: ácidos e bases fortes, solventes orgânicos, íons de metais pesados, agentes redutores e detergentes. Estes, não afetam a sequência dos aminoácidos, porém causam modificações na molécula, tendo como consequências a insolubilização das proteínas e, sobretudo, prejudicando o processo de cristalização desses compostos. A desnaturação pode ser ou não um processo reversível, tudo vai depender do grau de alteração que ocorreu na estrutura da proteína (MOTTA, 2011).

Um estudo realizado por Arzeni *et al.*, 2015, mostra a influência da temperatura e do pH nessas proteínas. As soluções aquecidas de ovalbumina são transparentes e opacas ou géis turvos, dependendo do pH, força iônica e concentração de proteína. Perto do ponto isoelétrico (pI) ( $4 < \text{pH} < 6$ ) ou com alta força iônica, forças repulsivas eletrostáticas são fracas. Quando as moléculas de proteína suportam muitas cargas, ou seja, longe do pI e com baixa força iônica, forças repulsivas eletrostáticas impedem a formação de agregados aleatórios e formam-se agregados lineares, resultando na formação de géis transparentes, uma vez que a escala característica de comprimento das partículas lineares são menores que o comprimento de onda da luz visível. E completa:

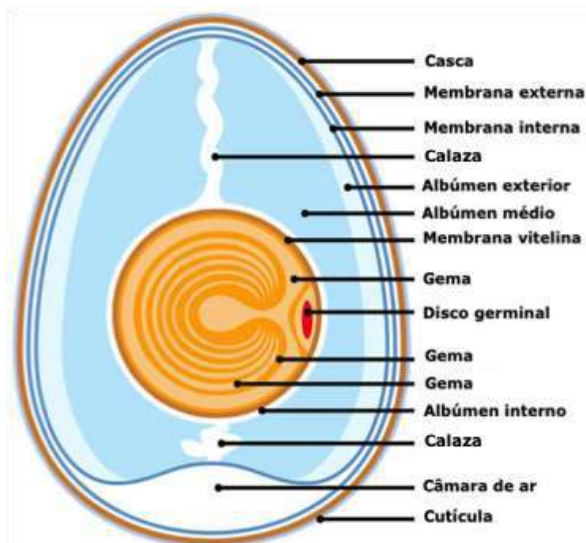
Proteínas clivam imprevisivelmente; elas são polímeros lineares, mas são dobrados em estruturas complexas envolvendo uma ou mais cadeias poliméricas que são frequentemente estabilizadas por ligações covalentes, iônicas, hidrofóbicas e hidrogênio. Os aminoácidos com resíduos sulfidríla e fenólicos podem ser modificados por radicais hidroxila gerados por bolhas de cavitação para formar novas ligações covalentes entre as cadeias poliméricas de proteínas. Os radicais formados pela clivagem de biopolímeros também têm potencial para recombinar-se em novas estruturas poliméricas. (ARZENI *et al.*, 2015).

Esses e outros estudos a respeito das proteínas, podem ser abordados utilizando o ovo como tema norteador, sendo um alimento fácil de ser adquirido e presente no cotidiano do discente. Portanto, o ovo pode ser relacionado aos assuntos do currículo do ensino de química e biologia, reforçando os objetivos dessa pesquisa.

### **3.4.1 Estrutura e composição do ovo**

O ovo é um dos alimentos mais completos da dieta humana, apresenta uma composição rica em vitaminas, minerais, ácidos graxos e proteínas de excelente valor biológico (RÊGO *et al.*, 2012). É constituído por quatro partes principais: casca, membrana da casca, gema e clara ou albúmen (Figura 6). Além disso, possui outras partes em menor proporção: o disco germinativo, a calaza, a câmara de ar, a cutícula e as membranas da casca (ALCÂNTARA, 2012).

**Figura 6** – Representação da estrutura do ovo.



**Fonte:** Almeida *et. al.*, 2017.

A clara ou albúmen representa cerca de 67% do peso líquido do ovo. Em torno de 88% do albúmen é água. O resto é constituído, basicamente, por proteínas. A principal proteína da clara é ovoalbumina, que representa 54% do total proteico, o restante é composto por conalbumina, ovomucoide, ovomucina e lisozima. Há dois tipos de albúmen: o denso, mais próximo da gema; e o fluido, mais próximo da casca. À medida que o ovo envelhece, a clara vai se liquidificando. A proteína ovomucina é a responsável por organizar o líquido viscoso, dando-lhe alguma coesão, fazendo com que a clara não escorra como a água (COTTA, 2002; SARCINELLI, VENTURINI e SILVA, 2007; AQUINO, 2016).

A gema representa um terço do volume do ovo sem casca. É composta por 50% de água, 34% de lipídeos, 16% de proteínas, vitaminas A, D, E, K e do complexo B, glicose e sais minerais. A fase líquida é uma solução de água com várias proteínas (livetinas) em suspensão, organizadas em pequenos grânulos. Contém também lecitina, que é um lipídeo emulsificante, estabilizante de misturas de água e óleo. A gema também é rica em pigmentos como os carotenoides e a riboflavina. Os carotenoides são fontes biodisponíveis de luteína e zeaxantina (RAMOS, 2008).

Por conseguinte, dentre as possíveis formas de se trabalhar esse tema gerador, a experimentação é uma boa aliada na busca por um novo conhecimento. Mais concebida como a exploração de aulas práticas a serem realizadas no laboratório de

química, com um roteiro fechado na maioria das vezes, optou-se por desmistificar alguns pré-conceitos a respeito de experimentação, apostando em uma nova metodologia baseada em atividades experimentais problematizadas.

### 3.5 ATIVIDADE EXPERIMENTAL PROBLEMATIZADA – AEP

A Atividade Experimental Problematizada (AEP) é uma metodologia ativa de ensino experimental que se desenvolve a partir da delimitação de um problema de natureza teórica. Em outras palavras, é uma forma de experimentação que busca solucionar questões a partir da proposição de um problema (SILVA; MOURA; DEL PINO, 2017). A promoção da aprendizagem através da experimentação é motivo de discussão há bastante tempo. Giordan, a título de exemplo, em 1999 destacou que:

É de conhecimento dos professores de ciências o fato de a experimentação despertar um forte interesse entre alunos de diversos níveis de escolarização. Em seus depoimentos, os alunos também costumam atribuir à experimentação um caráter motivador, lúdico, essencialmente vinculado aos sentidos. Por outro lado, não é incomum ouvir de professores a afirmativa de que a experimentação aumenta a capacidade de aprendizado, pois funciona como meio de envolver o aluno nos temas em pauta (GIORDAN, 1999).

Como já mencionado, o conhecimento químico se divide em três âmbitos: macroscópico, o microscópico e o representacional. Entende-se, deste modo, que a experimentação deve ser o elo da inter-relação entre essas três formas de conhecimento químico.

Pensar, sobretudo, na inovação do ensino de química por meio de propostas metodológicas capazes de torná-lo mais atrativo é sempre um grande desafio. Para Moreira *et al.* (2019), os estudantes, em sua grande parcela, apresentam algum tipo de resistência às aulas de química por considerá-las distantes dos contextos vivenciados por eles. Diante desta situação, propõe-se o emprego da AEP, uma metodologia de ensino centrada em dois eixos principais que servem de alicerce para a sua estratégia de ensino experimental. Um dos eixos baseia-se na natureza teórica e o outro, na natureza metodológica, ou seja, no desenvolvimento. Em síntese, observa-se na Figura 7 os fundamentos estruturantes da AEP, tratados como eixo teórico (O planejar) e o eixo metodológico (O executar).

Figura 7 – Esquema dos eixos estruturantes da AEP.



Fonte: A autora, 2020.

O planejar teve como proposição do problema (PP) a seguinte questão: “*É possível compreender conceitos da nanotecnologia e de interação intermolecular ao preparar uma omelete?*”. Perpassando pela dimensão teórica do conteúdo em questão, a proposta foi preparada de modo que não houvesse uma resposta definitiva.

Inclusive, esse é o ponto crucial que demarca a AEP, a forma pelo qual os discentes podem justificar a sua possível resposta ao problema experimental, num ambiente de condução experimental, fato que a difere das outras formas de experimentação.

Ainda no eixo de planejamento, o objetivo experimental (OE) foi delineado a fim de que os discentes pudessem centrar ao que de fato a experimentação propusera. Os objetivos assentados estão descritos a seguir:

- *Relacionar as diferentes formas de agitação com o tamanho das gotículas de ar;*
- *Observar a influência do tamanho das gotículas de ar sobre propriedades macroscópicas do alimento - sabor e textura;*

- *Correlacionar conceitos nanotecnológicos associados ao conteúdo de interações intermoleculares;*
- *Preparar uma omelete sob diferentes situações.*

Por conseguinte, as diretrizes metodológicas (DM) respondem aos OE e à PP, que necessita ainda recorrer aos conhecimentos prévios para compreender o que está sendo observado na experimentação.

Por esse motivo, os experimentos só foram executados após uma série de discussões teóricas acerca dos conteúdos que permeiam o planejamento e a execução do experimento. Estando agora no eixo do desenvolvimento, além da discussão prévia, o segundo passo é também primordial para o sucesso da aplicação – a organização/execução da atividade – onde grupos de trabalho tendem a ser formados, para um melhor desenvolvimento, articulando a partir dos OE sobre qual a melhor forma de responder ao PP.

Na etapa seguinte, os grupos de trabalho podem propor soluções ao problema, sem a interferência do professor, que por hora, apenas observa atentamente. E então, já na socialização, todos os discentes partilham seus achados na busca por uma linha de resposta que se aproxime da idealidade. Neste momento, o professor pode conduzir a discussão dos resultados obtidos.

O arremate final é dado pela sistematização, buscando um produto que materialize as discussões e resultados dos experimentos. Houve, neste degrau, a produção de murais, textos, desenhos, vídeos e até música, para consolidar a AEP.

Oportunamente, neste trabalho não foi usado apenas a metodologia da AEP, estruturando-se desta maneira, uma intervenção didático-pedagógica para além de executar o planejamento experimental, articulando a AEP à pedagogia de projetos, da qual passaremos a tratar.

### 3.6 PEDAGOGIA DE PROJETOS

A prática reflexiva situa-se, tradicionalmente, na aprendizagem pela experiência e também é chamada de cognição contextualizada. Ao citar Dewey, Lewin e Piaget, os autores Moreira e Caleffe (2008) comentam a necessidade de interação entre os



indivíduos participantes da aprendizagem, tornando-a mais efetiva, sendo a experiência a base para a aprendizagem efetiva e reflexiva.

Dewey (1933) afirma a importância de ser prático e reflexivo no ensino, capaz de questionar suas práticas, reexaminar suas experiências, e deste modo, iniciar o processo de aprendizagem, sendo que, nada do que foi descrito, pode ser executado por meio de procedimentos operacionais padronizados (MOREIRA e CALEFFE, 2008).

Para Branco (2014), a educação tem que levar em conta a especificidade do estudante, as suas necessidades, forças e fraquezas. As escolas não devem assumir o papel de criar uniformidade, mas sim, de permitir o desenvolvimento da individualidade. Deste modo, valoriza-se a diversidade e faz enriquecer a experiência comum. E continua:

Muito mais do que transmitir informação, a educação escolar deve preparar os estudantes para aprender ao longo da vida de forma ativa e pragmática, oferecendo-lhes uma educação integral. Sem subestimar a importância da literacia e da numeracia, os educadores progressivos atuais acreditam que esses objetivos podem ser alcançados por meio da resolução de problemas práticos e de atividades e projetos que mobilizem os interesses dos estudantes, quebrando as fronteiras artificiais entre as várias disciplinas e restaurando a unidade da experiência (BRANCO, 2014).

Entretanto, como as escolas se contentaram a ser meras transmissoras de informação, como se existisse verdade absoluta em tudo, há uma necessidade de se reinventar, buscar o que de fato faz parte da vida dos cidadãos e que, há muitos anos, têm ignorado. Isso posto, Castro (2007) comenta sobre a formação docente:

Desse modo, a formação precisa conter aspectos mínimos para que a escola consiga cumprir sua função social, como: promover um trabalho interdisciplinar, rompendo com a compartimentalização dos conhecimentos e trabalhando todas as dimensões do indivíduo; descortinar os modos e estilos de aprendizagem para que os professores compreendam que o aluno também constrói conhecimentos; e instrumentalizar para que a prática pedagógica cumpra seu papel de modo contextualizado e coerente com o tempo no qual está inserido (CASTRO, 2007).

Uma das possíveis formas de estar de acordo com as ideias de Castro, é trabalhar com projetos, reformulando a concepção do professor em “cumprir o currículo” tradicionalmente fadado, tornando-o mais flexível e abrangente. Segundo Portes, partindo dos conhecimentos prévios dos estudantes, durante a execução do projeto ocorrerá, naturalmente, a interdisciplinaridade, para que haja possibilidade de compreensão da totalidade do assunto trabalhado.



Esses ideais dialogam com as convicções de Libâneo (1990) quando, ao discutir sobre educação contextualizada, afirmou:

Ao selecionar os conteúdos da série em que irá trabalhar, o professor precisa analisar os textos, verificar como são abordados os assuntos, para enriquecê-los com sua própria contribuição e a dos alunos, comparando o que se afirma com fatos, problemas, realidades da vivência real dos alunos [...] (LIBÂNEO, 1990).

Nesse prospecto, o foco principal é o pensamento reflexivo, cujo modelo é a atividade científica, aplicado à vida cotidiana e à educação escolar. Gasque e Cunha (2010), fazem uma importante seleção dos ideais de John Dewey, ao descrever:

O pensar reflexivo é aquele que é suscitado por um problema ou situação obscura que requer esclarecimento. Não se confunde com busca da "verdade", pois todas as suas conclusões são, para Dewey, provisórias, sujeitas a serem testadas e, se preciso, reformuladas. O pensamento reflexivo refere-se à melhor forma de pensar com vistas à solução de um problema. É um tipo de pensamento que consiste em examinar mentalmente um assunto e direcionar-lhe o fluxo em partes sucessivas, em que cada ideia se apoia nas antecessoras e produz as seguintes. O resultado decorre de um movimento teleológico por meio de um esforço consciente e voluntário (GASQUE e CUNHA, 2010).

Ainda sob a ótica de Gasque e Cunha, em acordo com Dewey, a realização de projetos favorece o pensamento reflexivo. O estudante inicia sua investigação a partir de um determinado problema e se engaja na busca por soluções, de maneira contextualizada e conectada ao que se deve aprender, para que não seja perdido o objetivo primário de se apropriar de certos conceitos.

Tendo em mente o emprego dos ensinamentos de Dewey para o ensino por meio de projetos, buscou-se aliar experimentação, buscas teóricas acerca do tema nanotecnologia, conteúdos de interação intermolecular e afins, proteínas e alimento do cotidiano para juntos, formarem o projeto *#NanoTeam*.

Contudo, o momento vivenciado não permitiria que o projeto fosse devidamente aplicado, em vistas ao ensino presencial. O mundo enfrenta uma pandemia viral, devido a COVID-19, impactando as vidas dos indivíduos e chamando a atenção pelo alcance que teve e pela velocidade com a qual se disseminou.

E então, o trabalho foi reestruturado para ser aplicado de modo EAD (Ensino à distância) e o chamado "Ensino Remoto" (ER), que é o híbrido entre ensino presencial/semipresencial e EAD, passa a ser discutido.

### 3.7 ENSINO REMOTO – ER

Segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS) e a Organização Pan-americana da saúde (OPAS):

As pessoas que estão em contato próximo (a menos de 1 metro) com uma pessoa infectada podem pegar a COVID-19 quando essas gotículas infecciosas entrarem na sua boca, nariz ou olhos. Para evitar o contato com essas gotículas, é importante manter-se a pelo menos 1 metro de distância das outras pessoas, lavar as mãos com frequência e cobrir a boca com um lenço de papel ou cotovelo dobrado ao espirrar ou tossir. Quando o distanciamento físico (a um metro ou mais de distância) não é possível, o uso de uma máscara de tecido também é uma medida importante para proteger os outros.

Mediante a essa situação de calamidade pública, as autoridades educacionais instituíram o chamado Ensino Remoto Emergencial – ERE - uma solução temporária que permitiu o mantimento, dentro das circunstâncias possíveis, das atividades de ensino.

Mas, o que parecia temporário se estendeu, e perdura desde março de 2020, aproximadamente, fazendo as escolas se reinventarem para manter seus vínculos com os alunos e, principalmente, garantir o ensino-aprendizagem de todos.

Para Tomazinho (2020), foi a oportunidade perfeita para a escola criar, experimentar, inovar e se reinventar.

O que está acontecendo é um planejamento pedagógico *in real time* (em tempo real). Nunca as escolas tiveram que experimentar tanto, e gestores e professores tomarem decisões tão rápidas. Nunca o TI foi tão estratégico para o negócio educação como está sendo agora. Por quê? Pelo simples fato de o currículo da maioria das escolas não foi criado, e nunca foi sequer pensado, para ser aplicado remotamente. A maioria dos professores e funcionários nunca foi treinada para o ensino on-line ou através de ferramentas virtuais.

O fato é que estratégias de ensino foram traçadas de modo a proporcionar um convite ao estudo da nanotecnologia, com a utilização de materiais que fossem interessantes do ponto de vista do aluno. Objetivamente uma ação de ensino motivadora que conquistasse o aluno e o fizesse engajar na pesquisa e discussão dos resultados.

Todavia, como fazer o estudante, à distância, instruir-se à um assunto novo e complexo, como é o caso da nanotecnologia? Agrega-se ao projeto então uma metodologia nada atual, mas pouco difundida no ensino básico – O *Jigsaw Classroom*.

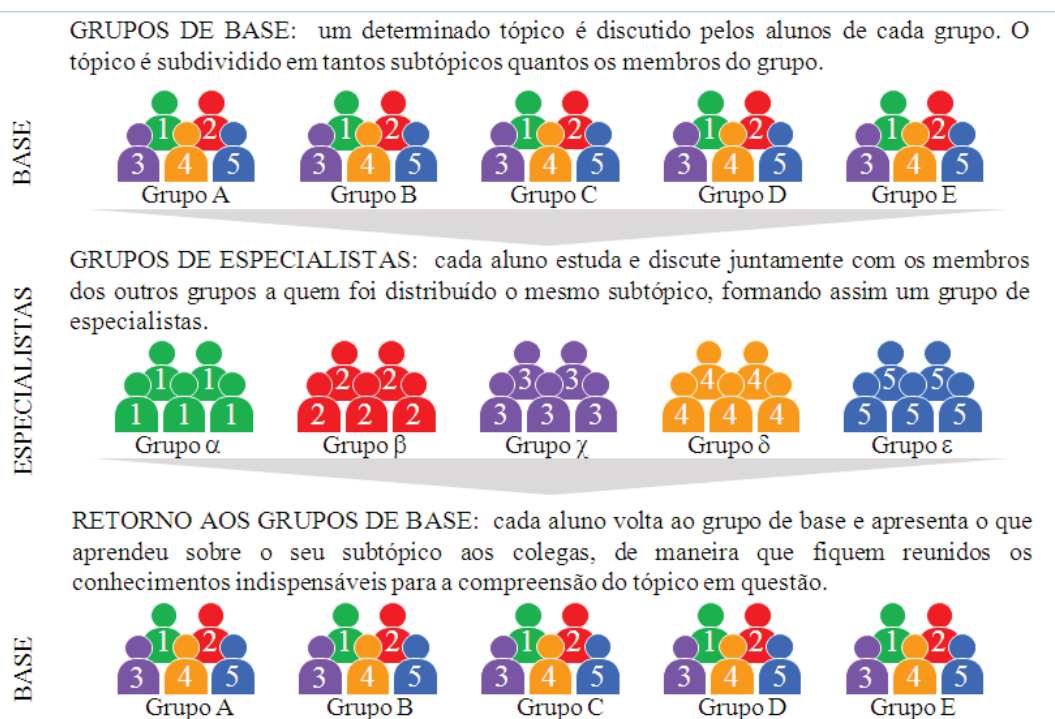
### 3.8 JIGSAW CLASSROOM – JC

O *Jigsaw Classroom*, traduzido livremente para “sala de aula quebra-cabeças”, é uma técnica de aprendizagem cooperativa baseada em pesquisa inventada e desenvolvida no início dos anos 1970 por Elliot Aronson e seus alunos na Universidade do Texas e na Universidade da Califórnia. O site *Jigsaw.org* traz contribuições valiosas a respeito dessa técnica de ensino-aprendizagem ao relatar:

Uma sala de aula quebra-cabeças não é uma situação solta, “vale tudo”. É altamente estruturado. A interdependência é necessária. É o elemento de interdependência “necessária” entre os alunos que torna este método de aprendizagem único, e é esta interdependência que incentiva os alunos a tomarem parte ativa na sua aprendizagem. Ao se tornar uma espécie de professor, cada aluno se torna um recurso valioso para os outros (ARONSON e col., 2000).

Assim, o professor aprende a ser um facilitador no processo de aprendizagem, em vez de ser o único recurso disponível. Os alunos passam a ser participantes ativos e responsáveis pela própria aprendizagem, e não mais um receptor de informações advindas do transmissor. A Figura 8, busca esclarecer como a metodologia JC é desenvolvida.

**Figura 8** – Representação esquemática de atividade baseada no método cooperativo de aprendizagem *Jigsaw Classroom*.



Fonte: Fatareli *et al.*, 2010.

De maneira ordeira, o JC primeiramente distribui os alunos em grupos de base e um determinado tópico é discutido por todos de cada grupo. A quantidade de tópicos depende do número de alunos dentro de cada grupo. Em seguida, cada aluno estuda e discute com os membros dos outros grupos, que receberam o mesmo tópico, formando assim o chamado grupo de especialistas. Posteriormente, cada aluno retorna ao grupo de base e apresenta o que aprendeu sobre o seu tópico aos seus colegas, de maneira que, após todos entregarem suas “partes”, reúnam-se todo o conhecimento indispensável para a compreensão do conteúdo. Cada estudante precisa aprender a matéria para “si próprio” e também explicar aos seus colegas, de forma clara, o que aprendeu (COCHITO, 2004 *apud* FATARELI *et al.*, 2010).  
 Noutra perspectiva, pode-se empregar o JC seguindo dez passos básicos, trazidos por Aronson e descritos na Tabela 1 a seguir.

**Tabela 1 – Etapas da metodologia Jigsaw Classroom.**

<b>PASSOS</b>	<b>DESCRIÇÃO</b>
<b>1</b>	Divida os alunos em grupos de quebra-cabeças de 5 ou 6 pessoas.
<b>2</b>	Nomeie um aluno de cada grupo como líder.
<b>3</b>	Divida a lição do dia em 5-6 segmentos.
<b>4</b>	Designa cada aluno para aprender um segmento.
<b>5</b>	Dê aos alunos tempo para ler seu segmento pelo menos duas vezes e se familiarizar com ele.
<b>6</b>	Forme “grupos de especialistas” temporários, fazendo com que um aluno de cada grupo de quebra-cabeças se junte a outros alunos atribuídos ao mesmo segmento.
<b>7</b>	Traga os alunos de volta para seus grupos de quebra-cabeças.
<b>8</b>	Peça a cada aluno para apresentar seu segmento ao grupo.
<b>9</b>	Flutue de grupo em grupo, observando o processo.
<b>10</b>	No final da sessão, faça um questionário sobre o material.

**Fonte:** A autora, segundo Elliot Aronson (2000).

O formato de ensino JC foi então utilizado no início da aplicação do projeto com alunos do ensino médio, para introduzir o assunto sobre nanotecnologia e dar suporte para as demais tarefas ao longo do projeto.

## 4. METODOLOGIA

### 4.1 ABORDAGEM METODOLÓGICA

Conforme detalhado pelo referencial teórico, a proposta desenvolvida foi subsidiada pela Pedagogia de Projetos, pautado em fundamentos de uma Atividade Experimental Problematizada, a qual propõe uma articulação metodológica entre objetivo experimental e proposição de problemas (SILVA *et Al.*, 2015). Serão utilizados ainda elementos de pesquisa-ação (THIOLLENT, 1988, 2011), no que tange à metodologia empregada na pesquisa. Para a análise qualitativa usaremos a Análise de Conteúdo (BARDIN, 1977).

A estratégia pedagógica para um ensino experimental em ciências capaz de gerar significados e desenvolver a autonomia do sujeito que aprende parte da perspectiva de uma AEP, onde o problema apresentado pode despertar no estudante motivação, interesse, desafio intelectual e capacidade de discussão e de articulação de ideias, promovendo sua autoconfiança necessária para que busque apresentar explicações aos fenômenos observados (SILVA *et Al.*, 2015).

Alia-se, ainda, à AEP o formato de pesquisa-ação, definido por Thiollent (1988) como:

A pesquisa ação é um tipo de investigação social com base empírica que é concebida e realizada em estreita associação com uma ação ou com a resolução de um problema coletivo no qual os pesquisadores e os participantes representativos da situação ou do problema estão envolvidos de modo cooperativo ou participativo (THIOLLENT, 1988).

Por sua vez, Fonseca (2002) complementa as ideias de Thiollent:

A pesquisa-ação pressupõe uma participação planejada do pesquisador na situação problemática a ser investigada. O processo de pesquisa recorre a uma metodologia sistemática, no sentido de transformar as realidades observadas, a partir da sua compreensão, conhecimento e compromisso para a ação dos elementos envolvidos na pesquisa (p. 34). O objeto da pesquisa-ação é uma situação social situada em conjunto e não um conjunto de variáveis isoladas que se poderiam analisar independentemente do resto. Os dados recolhidos no decurso do trabalho não têm valor significativo em si, interessando enquanto elementos de um processo de mudança social. O investigador abandona o papel de observador em proveito de uma atitude participativa e de uma relação sujeito a sujeito com os outros parceiros. O pesquisador quando participa na ação traz consigo uma série de conhecimentos que serão o substrato para a realização da sua análise reflexiva sobre a realidade e os elementos que a integram. A reflexão sobre a prática implica em modificações no conhecimento do pesquisador (FONSECA, 2002).

Acordado às metodologias utilizadas para a análise de dados desta pesquisa, Bardin (1977) corrobora nessa discussão quando, em síntese descreve:

A análise de conteúdo (seria melhor falar de análises de conteúdo), é um método muito empírico, dependente do tipo de fala a que se dedica e do tipo de interpretação que se pretende como objetivo. Não existe o pronto-a-vestir em análise de conteúdo, mas somente algumas regras de base, por vezes dificilmente transponíveis. A técnica de análise de conteúdo adequada ao domínio e ao objetivo pretendidos, tem que ser reinventada a cada momento, exceto para usos simples e generalizados, como é o caso do escrutínio próximo da descodificação e de respostas a perguntas abertas de questionários cujo conteúdo é avaliado rapidamente por temas (BARDIN, 1977).

Indo adiante, as etapas da técnica propostas por Bardin (2011), são essenciais para balizar a análise do estudo em questão. Essas etapas são organizadas em três fases e, destacadas por Silva e Fossá (2015), compõem o texto a partir de então.

**1ª fase – Pré-análise:** Desenvolvida para organizar as ideias iniciais e estabelecer indicadores para a interpretação das informações coletadas. É feita uma leitura geral do material, sistematizando o processo, de modo que exista: *i.* Leitura flutuante; *ii.* Escolha dos documentos; *iii.* Formulação das hipóteses e objetivos; *iv.* Elaboração de indicadores.

**2ª fase – Exploração do material:** Consiste na construção das operações de codificação, considerando-se os recortes dos textos em unidades de registros, a definição de regras de contagem e a classificação e agregação das informações em categorias simbólicas ou temáticas.

**3ª fase - Tratamento dos resultados, inferência e interpretação:** Após a captação dos conteúdos contidos em todo o material, ocorre a análise comparativa, que é realizada através da justaposição das diversas categorias existentes em cada análise, ressaltando os aspectos considerados semelhantes e os que foram concebidos como diferentes.

## 4.2 O CONTEXTO DA PESQUISA

O Centro de Ensino OUSE está localizado na Avenida Ibirapu, nº 991, bairro Colina, no município de Linhares/ES (Fotos 1 a 3). A escola oferece aulas apenas no turno matutino, funcionando administrativamente no turno vespertino. A estrutura conta com um subsolo, onde está localizada a cantina, área de vivência e laboratório de ciências.



No térreo apresenta o pátio interativo. No primeiro andar distribuem-se as salas de aula do ensino infantil e fundamental, banheiros e a secretaria. No segundo andar fica a coordenação, salas de aula do ensino médio e nono ano do ensino fundamental, sala dos professores e biblioteca.

**Foto 1** – Localização da escola Ouse no município de Linhares-ES.



Fonte: Google maps, 2020.

**Foto 2** – Entrada do Colégio Ouse.



Fonte: Google maps, 2020.

**Foto 3** – Frente do Colégio Ouse.



**Fonte:** Google maps, 2020.

De acordo com a Proposta Político-Pedagógica – PPP do Centro de Ensino OUSE é muito importante promover ações didáticas para que o discente tenha conhecimento sobre todas as áreas da ciência, possa compreender e discutir sobre assuntos de cunho político-social-tecnológico, sendo capazes de, criticamente, participar da sociedade.

A instituição iniciou suas atividades em março de 2013 com curso pré-vestibular num formato diferenciado, que propiciasse um custo menor e mais acessível aos alunos menos favorecidos financeiramente, com programas de bolsas de estudos e ajuda de custeio de transporte e alimentação para alunos mais carentes. Com o sucesso da metodologia aplicada, em 2014 iniciou o funcionamento do ensino médio com a abertura de três turmas.

Inserido numa região que tem Linhares como sede, atende os municípios de Rio Bananal, Sooretama, Jaguaré e Aracruz. O Centro de Ensino OUSE oferta desde 2017, além do ensino médio (1ª a 3ª série), a educação infantil – pré-escola (4 e 5 anos), o ensino fundamental, anos iniciais (1º ano e 5º ano) e ensino fundamental, anos finais (6º ao 9º ano).



O OUSE está inserido em um processo político-social com compromisso de transformação da sociedade, assumindo assim, a função de mediador entre o educando e o acesso ao saber historicamente acumulado. Busca promover o pensamento crítico, estimulando a atuação sobre o meio social, relacionando a este, as diversas áreas do conhecimento científico e sistematicamente elaborado. A finalidade educativa deve estar comprometida com a transformação da sociedade. Paulo Freire afirma que: “A educação, portanto, implica uma busca realizada por um sujeito que é o homem. O homem deve ser o sujeito de sua própria educação. Não pode ser o objeto dela.” (FREIRE, 1979, p.28)

A instituição tem como proposta de trabalho o acesso livre à internet em toda área física para todos seus estudantes e colaboradores, incentivando o uso de *smartphones*, *tablets* e computadores pessoais dentro e fora da sala de aula, não limitando a um espaço físico determinado o uso da tecnologia. Ainda, disponibiliza 4 *notebooks* e 4 *tablets* para acesso e consulta dos estudantes, que se encontram no setor pedagógico. Ressaltando que em todos os ambientes de aprendizagem são munidos de projetor multimídia ou TV de LED, computador, caixas de som e acesso à *internet*.

O Colégio Ouse, no dia 31 de outubro de 2019, por intermédio da Diretora, autorizou (APÊNDICE I) a realização da pesquisa de mestrado com os discentes escolhidos.

Os sujeitos da pesquisa são estudantes de uma turma da terceira série do ensino médio (Figura 9), turno matutino, da instituição privada de ensino, OUSE, do município de Linhares/ES. São vinte e um alunos que foram convidados a participar voluntariamente da intervenção escolar remota, durante o período de distanciamento social. O grupo participante é composto por 9 meninas e 12 meninos, com idades entre 16 e 18 anos.

É uma turma bastante entrosada e participativa, com tendências à desordem, em consequência de estudarem juntos e se conhecerem há bastante tempo. Pelo fato de serem a turma finalista do ensino médio, assim como em praticamente todas as escolas, eles tendem à certa “liderança” em relação às demais turmas, sentindo-se merecedores do posto de “melhores da escola”, o que pode, muitas vezes, causar a desordem já mencionada. Não obstante, é uma turma muito prazerosa em se lecionar, com tendências para as áreas de ciências da natureza e matemática.

**Figura 9** – Parte dos discentes participantes da pesquisa.



**Fonte:** A autora, 2019.

A escolha dos sujeitos da pesquisa se deve ao fato de ser a turma em que a pesquisadora leciona há dois anos e, devido ao formato de ensino dedicado à terceira série, onde os discentes têm a oportunidade de revisar todos os conceitos trabalhados ao longo do ensino médio, a aplicação da sequência didática foi totalmente possível, sem prejuízos quanto ao conteúdo a ser estudado.

Desde os primeiros dias de isolamento social, devido ao novo Coronavírus, a escola já se organizou para que fossem ofertadas as aulas remotas, com a utilização da plataforma *Google Meet* e da plataforma de ensino *Geekie One*. O objetivo principal sempre foi promover ações capazes de gerar aprendizagem efetiva e perceptível, de modo a certificar-se do oferecimento de um serviço, quem sabe, melhor que no momento presencial no qual a escola se encontrava.

Na fala do diretor e mantenedor da instituição OUSE, Júnior Nicolai (2020), intencionado em transformar seus professores em orientadores e não, tão somente, transmissores de conhecimento:

Não chamamos e não queremos que aconteça uma aula on-line, como a aula que sai da sala e vai para a câmera, precisamos explorar o momento em 3 dimensões (cognitiva, comportamental e sentimental), que são, nesse momento, hierarquicamente iguais. O vínculo com os alunos é a parte mais importante do processo, estreitar esse relacionamento é vital. Portanto, continuaremos e evidenciaremos com as famílias e alunos a visão de que são momentos síncronos (ao vivo) e não aula on-line (NICOLAI, 2020).

Deste modo, o projeto *#NanoTeam* está de acordo com os ideais da escola, bem como aos conceitos abordados ao longo deste trabalho.

#### 4.3 COLETA E ANÁLISE DE DADOS

Questionários são instrumentos importantes de pesquisa, quando se pretende averiguar a existência de mudanças em um mesmo público em dois momentos distintos. As questões dos formulários utilizados no decorrer do projeto foram misturadas, entre abertas e fechadas.

A fim de atingir os objetivos da pesquisa, a investigação iniciou-se através de uma atividade para a identificação dos conhecimentos prévios dos participantes (APÊNDICE VIII) com a aplicação de um questionário inicial – QI.

Para avaliar a apropriação de conceitos, pelos alunos, sobre a nanotecnologia a partir da aplicação do JC, foi aplicado um questionário após essa etapa (APÊNDICE IX). Ainda, foi pedido a produção de um *Padlet* para cada equipe (ANEXO 4) a fim de auxiliar nessa avaliação.

Ao avaliar a AEP, procurou-se observar a interação dos alunos, bem como seus interesses em participar e responder aos questionamentos realizados ao longo da experimentação. Ao final, foi aplicado novo questionário (APÊNDICE X), que também foi avaliado posteriormente.

Por fim, ao final de todo o projeto, foi aplicado um questionário final – QF (APÊNDICE XI). Para a análise dos dados, utilizou-se uma abordagem qualitativa para as respostas fechadas, comparando a proporção das respostas observadas no QI e QF, mesmo não se tratando, exatamente, das mesmas questões. Para as perguntas abertas, foi realizada uma análise de conteúdo, a fim de discutir o que os discentes entenderam das etapas do projeto.

#### 4.4 O PROJETO *#NANOTEAM*

O projeto foi executado nos momentos síncronos e assíncronos disponíveis para os discentes. Foi realizado inteiramente de forma remota, com o auxílio do *Google Meet*, para as aulas síncronas, dos grupos de WhatsApp que foram criados para aumentar a interação com os discentes, dos infográficos produzidos para aproximar ainda mais o discente do projeto, de alguns recursos tecnológicos para a produção de murais online e vídeos e com o auxílio dos Formulários do Google que possibilitaram o retorno desejado a respeito da aprendizagem do tema em questão, foco deste projeto. A Tabela 2 abaixo relaciona os principais momentos que nortearam a execução do projeto #NanoTeam.

**Tabela 2 – Momentos síncronos e assíncronos vivenciados no projeto.**

<b>Aplicação #NanoTeam</b>	<b>Descrição</b>
<b>1º momento (Síncrono) – Início da metodologia Jigsaw Classroom com aplicação do primeiro questionário.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Aceite do TALE/TCLE;</li> <li>✓ Questionário <i>a priori</i>;</li> <li>✓ Dividir as equipes e escolher o líder;</li> <li>✓ Utilizar um infográfico para enviar aos discentes suas partes no Jigsaw.</li> </ul>
<b>2º momento (Assíncrono) – Continuação da metodologia Jigsaw Classroom.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ O líder distribui os temas diversos sobre nanotecnologia;</li> <li>✓ Todos os discentes estudam individualmente;</li> <li>✓ Conversa com o time de especialistas;</li> </ul>
<b>3º momento (Síncrono) – Finalização da metodologia Jigsaw Classroom com aplicação do segundo questionário.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Considerações de alguns membros das equipes;</li> <li>✓ Encontro da equipe principal;</li> <li>✓ Construção do conhecimento com o auxílio da professora;</li> <li>✓ Questionário pós Jigsaw.</li> </ul>
<b>4º momento (Assíncrono) – Construção do Padlet como forma de demonstrar aprendizagem.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Padlet por equipe sobre nanotecnologia.</li> </ul>
<b>5º momento (Síncrono) – Contextualização com o conteúdo de química.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Aula teórica sobre interação intermolecular;</li> <li>✓ Utilizar um infográfico para enviar aos discentes sobre interações.</li> </ul>
<b>6º momento (Síncrono) – Interdisciplinaridade com o conteúdo de biologia.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Aula teórica sobre proteínas e ovos;</li> </ul>
<b>7º momento (Síncrono) – Webinar com o Dr. André Romero da Silva.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Uma palestra com o intuito de aumentar o interesse pelo estudo da nanotecnologia.</li> </ul>
<b>8º momento (Síncrono) – Aplicação da Atividade Experimental Problematizada e do terceiro questionário.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Três aulas focadas na experimentação e nas discussões desencadeadas a partir dos fenômenos observados;</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Utilizar um infográfico para enviar aos discentes sobre o roteiro experimental;</li> <li>✓ Questionário pós AEP.</li> </ul>
<p><b>9º momento (Assíncrono) – Criação de um produto para o projeto e aplicação do quarto questionário.</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Os discentes escolheram uma forma de entregar o produto, desde a escrita de um texto, um mural no Padlet, um vídeo explicativo...</li> <li>✓ Questionário <i>a posteriori</i>.</li> </ul>

**Fonte:** A autora, 2020.

Todos os momentos serão melhor detalhados na análise e discussão dos resultados. O projeto passou pelo Comitê de Ética e Pesquisa (CEP) onde um Parecer Consubstanciado foi emitido (ANEXO I) autorizando a realização do projeto com os discentes do ensino médio.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 FASE DE TESTES

A pesquisa experimental foi realizada no Laboratório de Sistemas de Liberação Controlada - LSLC no Instituto Federal do Espírito Santo IFES – *Campus Aracruz*. Algumas dúzias de ovos de galinha comerciais foram utilizadas, para produção de omelete e posterior análise da distribuição de tamanho das bolhas de ar e do tamanho das moléculas de proteína via espalhamento de luz dinâmica usando o equipamento Zetatrac da Microtrac (Foto 4).

**Foto 4** – Equipamento Microtrac utilizado nas análises.



**Fonte:** A autora, 2019.

Foram feitos testes sobre estabilidade de emulsão com agitação manual, feita com o auxílio de garfo e prato (Foto 5) e testes com agitação em equipamento homogeneizador Ultra-Turrax®, com velocidade de 15000 rpm (Foto 6).

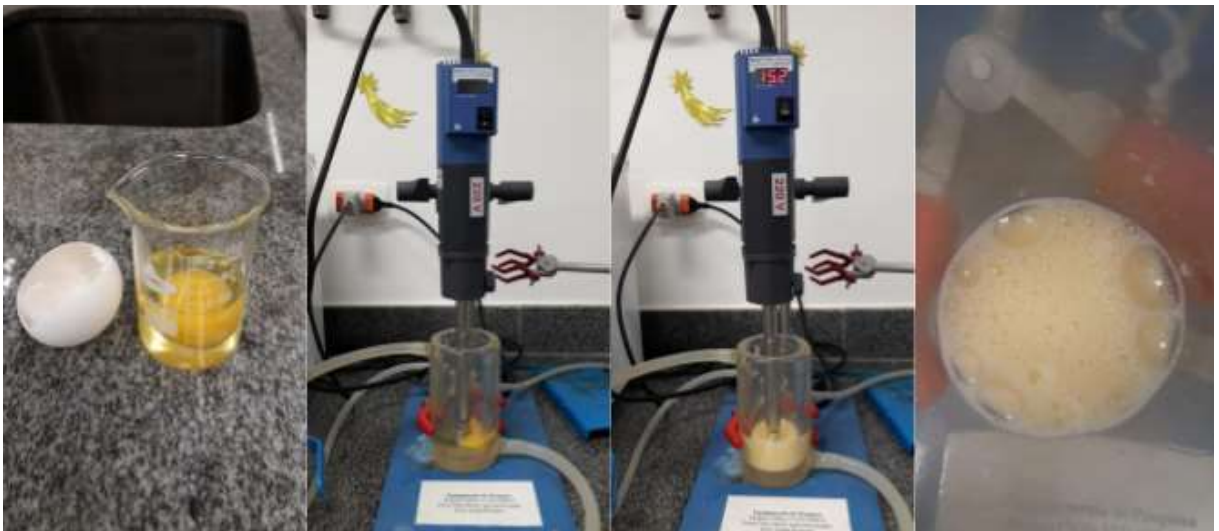


**Foto 5** – Procedimento para produção da omelete com agitação manual.



**Fonte:** A autora, 2019.

**Foto 6** – Procedimento para produção da omelete com agitação no homogeneizador.



**Fonte:** A autora, 2019.

Análise macroscópica da emulsão ar-água, em que a fase aquosa é constituída da gema e da clara do ovo, demonstram que a omelete preparada sob alta agitação se apresenta mais aerada em razão da presença de gotículas de ar de menor tamanho, refletindo no sabor e textura do alimento. Espumas são sistemas dispersos de duas fases distintas, onde a líquida circunda uma fase dispersa constituída de bolhas de ar. As proteínas podem agir como estabilizantes desse sistema, adsorvendo-se na

interface ar-água, alterando as propriedades de superfícies. As bolhas de ar são separadas por uma fina camada de líquido, denominada lamela, formando uma interface gás-líquido de elevada proporção, resultando em um filme que previne a coalescência das bolhas de ar (HALLING, 1981). Para estabilizar a espuma, as propriedades requeridas das proteínas são diferentes das necessárias à sua formação. Sendo necessário obter uma película proteica impermeável ao ar, elástica, coesa e contínua em torno da bolha. Portanto, a proteína como surfactante, deve desempenhar duas funções fundamentais na formação de espuma: reduzir a tensão interfacial do líquido e formar um filme de estrutura contínua envolvendo as bolhas de gás (SGARBIERE, 1996).

Ao iniciar o preparo da omelete feita sob agitação manual, há dissipação de energia mecânica (agitação) na forma de calor, fato que causa aquecimento às bolhas de ar dispersas na emulsão. O calor provoca a expansão do ar aprisionado causando a expansão da bola. Por fim, a rede que circunda as bolhas solidifica no calor e a estrutura apresenta cavidades maiores. Como a omelete sob alta agitação apresenta bolhas menores em tamanho, ao ser preparada sua textura fica mais homogênea e rígida (Foto 7), pois as cavidades acabam sendo menores, diferenciando em muito em relação à textura da omelete sob baixa agitação (Foto 8).

**Foto 7** – Preparação da omelete obtida por alta agitação.



**Fonte:** A autora, 2019.



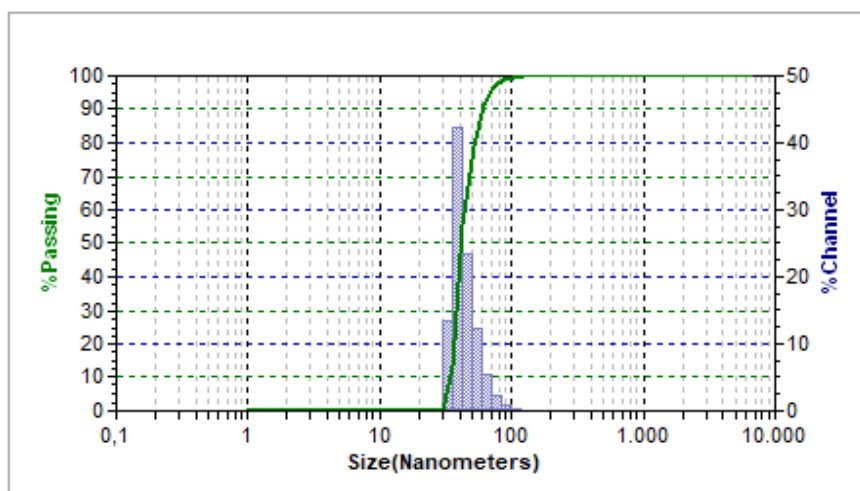
**Foto 8** – Preparação de omelete obtida por baixa agitação.



**Fonte:** A autora, 2019.

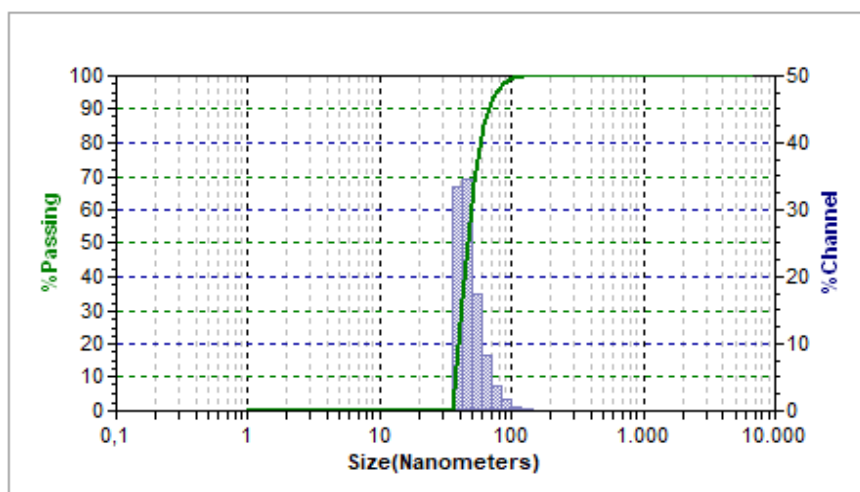
Resultados obtidos por espalhamento de luz demonstraram que a agitação da omelete com menor velocidade (batida à mão) manteve o tamanho das proteínas do ovo com tamanhos variando entre 36-409 nm (Figura 10), sendo que 96,7% das macromoléculas apresentaram tamanhos de 36-72 nm, demonstrando que a força de cisalhamento da agitação manual não causou na quebra das cadeias proteicas, fato capaz de favorecer a formação de grandes agregados das frações de macromoléculas. Mesmo assim, a agitação causou a desnaturação da proteína, expondo seus grupamentos hidrofóbicos, fato que favoreceu a agregação das macromoléculas após 10 minutos (Figura 11), e conseqüentemente, na decantação mais rápida dos agregados, levando a ausência de sua identificação pelos detectores do aparelho, uma vez que a distribuição de tamanho das proteínas foi alterada para 43-172 nm, sendo que 93,7% das macromoléculas apresentaram tamanhos entre 36-72 nm.

**Figura 10** – Distribuição de tamanho das macromoléculas presentes na omelete preparada manualmente – análise imediata.



Fonte: A autora, 2019.

**Figura 11** – Distribuição de tamanho das macromoléculas presentes na omelete preparada manualmente – após 10 min parada.

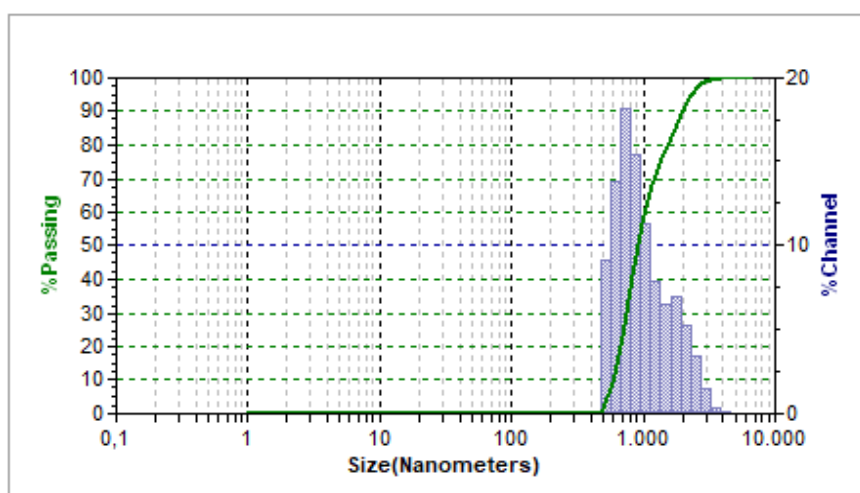


Fonte: A autora, 2019.

Omeletes preparadas sob elevada agitação, via homogeneizador, acelera a desnaturação da proteína, além de causar a quebra das macromoléculas, expondo os grupamentos hidrofóbicos e favorecendo a agregação das moléculas proteicas, fato que justifica os tamanhos das proteínas estarem entre 578-5500 nm (Figura 12), sendo que 94,6% das macromoléculas apresentaram tamanhos entre 578-2312 nm. Medidas realizadas após 10 minutos mostraram uma distribuição de tamanho maior (entre 86-1635 nm), incluindo tamanhos menores de proteínas, motivado pela

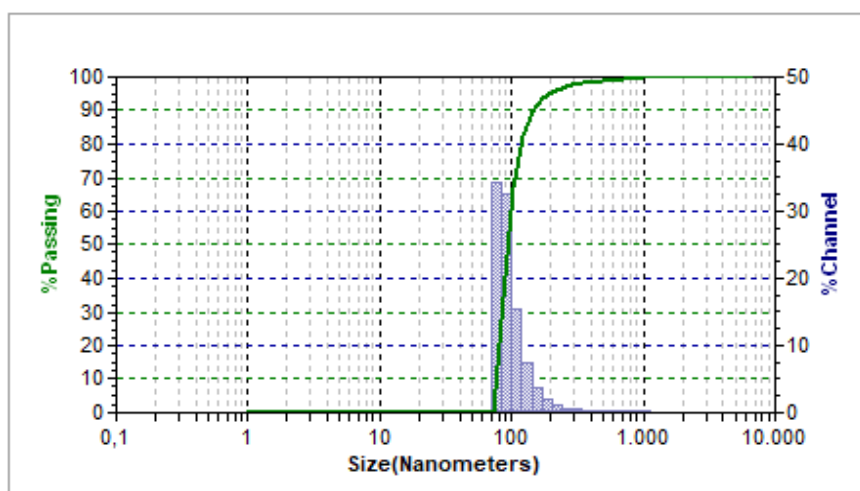
decantação dos grandes agregados que favoreceu a determinação de tamanhos menores de proteínas (Figura 13). Para que se tenha uma ideia, após o período mencionado, 93,6% das macromoléculas possuíam tamanhos entre 86-172 nm.

**Figura 12** – Distribuição de tamanho das macromoléculas presentes na omelete preparada usando o homogenizador Ultra-Turrax® - análise imediata.



Fonte: A autora, 2019.

**Figura 13** – Distribuição de tamanho das macromoléculas presentes na omelete preparada usando o homogenizador Ultra-Turrax® - após 10 min parada.



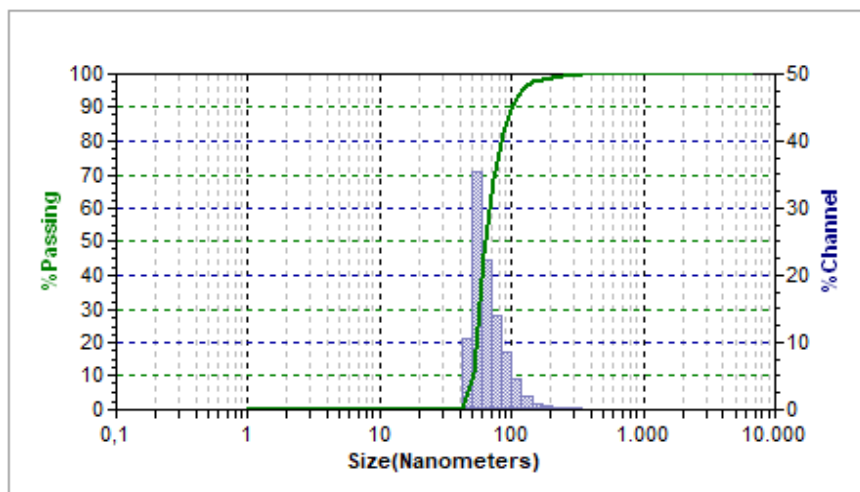
Fonte: A autora, 2019.

Foi observado que a emulsão entre os componentes líquidos do ovo (gema e clara) estava possuindo pequena estabilidade coloidal, fato explicado pela ocorrência de lipídeos (gorduras) na constituição da gema do ovo que dificulta a estabilidade da

emulsão por competir com outras partes hidrofóbicas das proteínas desnaturadas. Sendo assim, optou-se por analisar a omelete preparada com a clara do ovo. Esta apresenta a maior concentração de proteínas e praticamente não apresenta lipídeos que sejam capazes de atrapalhar a estabilidade da emulsão. Macroscopicamente, foi possível se observar que as emulsões preparadas apenas com a clara do ovo eram muito mais estáveis, permanecendo por longos minutos emulsionadas. Considerando que a emulsão ar-água, em que a fase aquosa era constituída de apenas a clara do ovo, apresentava uma espessa espuma de difícil leitura por espalhamento de luz, optou-se por se diluir a omelete com água para se fazer as leituras no Microtrac. Escolheu-se então, fazer as medidas utilizando a proporção 1:3 (1 porção de omelete para 2 porções de água), a fim de se evitar erro nas medidas uma vez que o aparelho não consegue fazer medidas em dispersões do tipo ar-líquido, culminando nas figuras mostradas a seguir. Os resultados demonstram que a presença de água favorece a interação das partes hidrofílicas das proteínas com as moléculas de água, assim como, a interação das suas partes hidrofóbicas, levando a formação de pequenos agregados para a omelete preparada à mão. Tal fato resulta em uma distribuição de tamanho na faixa de 51-687 nm, sendo, portanto, maior que a faixa de tamanho obtido para a omelete preparada e sem diluição com água (Figura 14). Destaca-se que 95,4% das macromoléculas possuíam tamanhos de 51-121 nm.

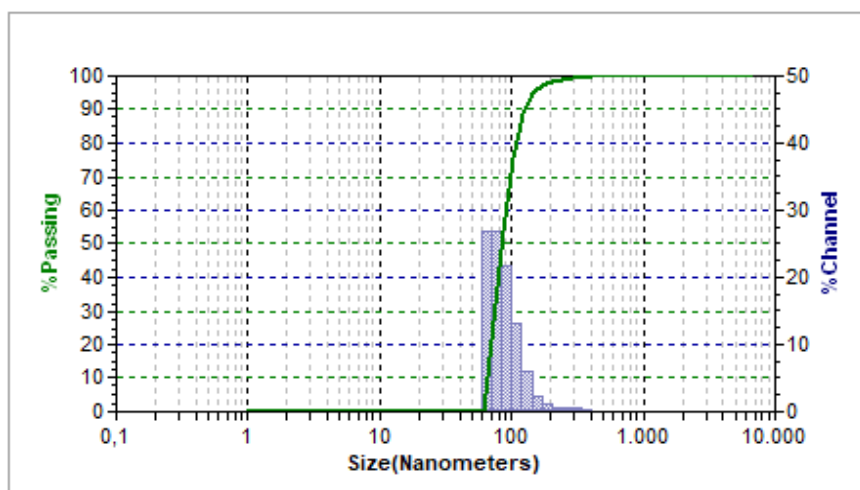
Interações intermoleculares são potencializadas com o passar do tempo, sendo que após 10 minutos, observa-se o aumento da distribuição das proteínas apresentando tamanhos entre 72-578 nm (Figura 15) em que 94,7% destes estavam entre 72-144 nm.

**Figura 14** – Distribuição de tamanho das macromoléculas presentes na omelete preparada manualmente, usando-se somente a clara e diluídas com água (1:3) - análise imediata.



Fonte: A autora, 2019.

**Figura 15** – Distribuição de tamanho das macromoléculas presentes na omelete preparada manualmente, usando-se somente a clara e diluídas com água (1:3) - após 10 min parada.

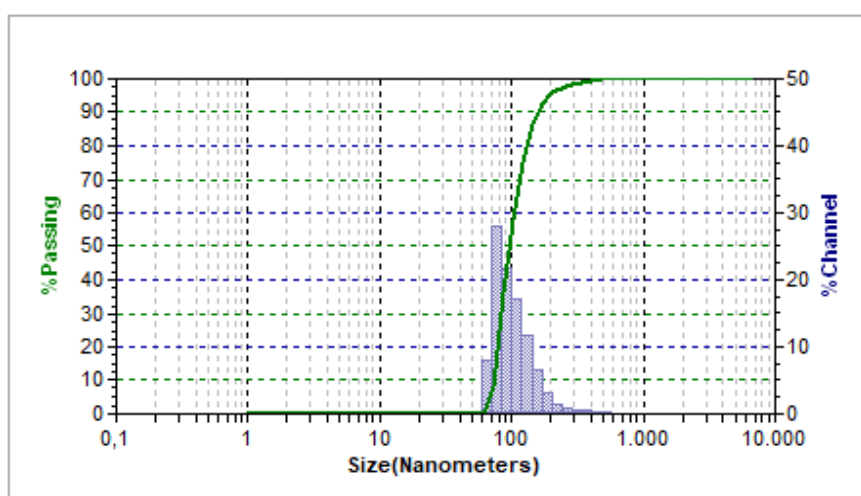


Fonte: A autora, 2019.

Análise da distribuição do tamanho da omelete preparada sob alta agitação mostrou tamanho entre 72-1944 nm, em que 95,9% das macromoléculas possuíam distribuição de tamanho entre 72-204 nm, possuindo, portanto, tamanhos maiores que os obtidos para a omelete preparada manualmente. Tal fato se deve a elevada desnaturação da

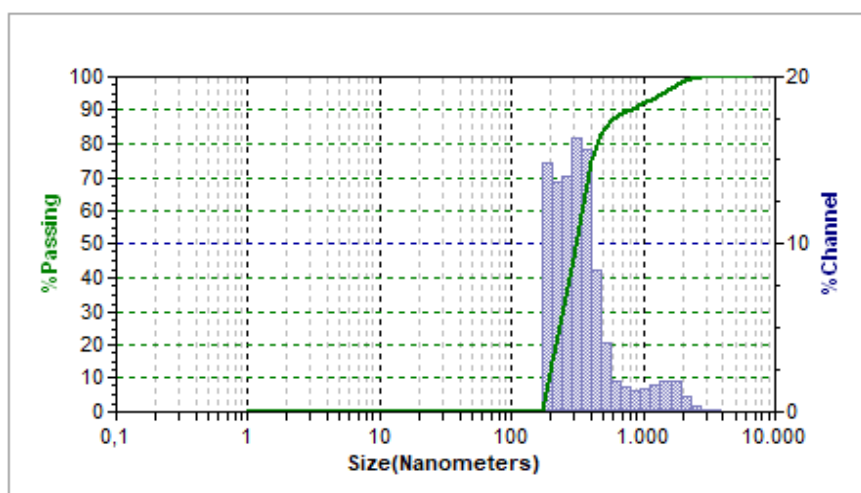
proteína com consequente quebra das macromoléculas, levando a exposição de grupos hidrofóbicos, e consequentemente, a formação de agregados de proteínas (Figura 16). Tal agregação é potencializada ainda mais com o passar do tempo, fato que faz com a distribuição de tamanho seja alterada para 15-5500 nm (Figura 17), ressaltando que 94,7% das macromoléculas possuíam tamanhos entre 15-1375 nm.

**Figura 16** – Distribuição de tamanho das macromoléculas presentes na omelete preparada via homogeneizador Ultra-Turrax®, usando-se somente a clara e diluídas com água (1:3) - análise imediata.



Fonte: A autora, 2019.

**Figura 17** – Distribuição de tamanho das macromoléculas presentes na omelete preparada via homogeneizador Ultra-Turrax®, usando-se somente a clara e diluídas com água (1:3) - após 10 min parada.



Fonte: A autora, 2019.

Resumidamente, quando uma proteína do ovo é exposta ao ar ou às moléculas de água, a proteína se desenrola, de modo que as partes hidrofílicas da proteína interajam com as moléculas da água e as partes hidrofóbicas se voltam à fase gasosa ou aos grupos hidrofóbicos presentes na própria proteína. Depois que as proteínas se desenrolaram, suas cadeias podem interagir, criando uma rede que pode manter as bolhas de ar no lugar. Quando essa rede acontece, ela é chamada de ligação ou coagulação e o resultado é uma espuma. Agitar a clara do ovo pode quebrar as ligações químicas que mantêm as cadeias proteicas interligadas, permitindo que elas se desenrolem ou mesmo sofram fracionamentos de suas cadeias. Quando as bolhas de ar capturadas são aquecidas, elas se expandem à medida que o gás dentro delas também é aquecido. Tratada adequadamente, a rede que circunda as bolhas solidifica no calor e a estrutura não entra em colapso após a explosão das bolhas.

Outro fator a ser considerado é a capacidade de agregar e formar géis, sendo uma das mais importantes propriedades das proteínas e que faz com que o ovo seja amplamente utilizado em muitos produtos alimentícios. A ovalbumina é a principal proteína do albúmen, constituindo cerca de 54% da proteína total da clara de ovo, e é a principal responsável pelo comportamento de gelificação (ARZENI et. al., 2015). Essa capacidade foi observada nas Figuras 14-17 ao apresentarem tendência a um deslocamento à direita, confirmando a agregação de partículas nesse tipo de emulsão, visto que as forças repulsivas eletrostáticas são fracas. Pode-se observar esse comportamento na Foto 9, onde, ao se diluir a omelete em água, a miscibilidade não ocorre, favorecendo a formação do gel.

**Foto 9** – Emulsão ar/clara de ovo diluída em água, na proporção 1:3.



**Fonte:** A autora, 2019.

As forças atrativas intermoleculares (geralmente interações hidrofóbicas) induzem a formação de agregados aleatórios, resultando na formação de géis moles e turvos. Nesse sentido, foi possível fazer uma comparação entre o comportamento da diluição da omelete preparada à mão daquela preparada no homogeneizador.

Observou-se que a solução apresentada na Foto 10 – A possui turbidez na fase aquosa, fato não observado na Foto 10 – B. A turbidez da fase líquida se deu pela diluição dos agregados na fase aquosa, fruto da desnaturação das proteínas que agregaram durante o processo de clivagens e exposição dos seus grupamentos hidrofóbicos. Considerando que a omelete preparada via homogeneizador é capaz de fragmentar a estrutura proteica, torna-se mais fácil a solubilização dos agregados em fase aquosa (solução mais turva) do que aqueles preparados à mão em que a desnaturação e a fragmentação das cadeias proteicas são menores, levando a formação de uma solução menos turva.



**Foto 10** – Diluição das emulsões em água: Em A, a emulsão obtida no Turrax e em B, a emulsão manual.



**Fonte:** A autora, 2019.

As análises feitas e discutidas acima reforçaram a ideia de que é possível trabalhar sobre nanociência e nanotecnologia com a utilização de materiais do cotidiano e de fácil acesso e manuseio, promovendo a alfabetização científica efetiva por meio da experimentação. Esses testes foram cruciais para o entendimento das mudanças que ocorrem num sistema apenas com a modificação do tamanho das partículas, confirmando a importância dessa propriedade.

## 5.2 VALIDAÇÃO A *PRIORI* DO PROJETO

A validação ocorreu em 30 de julho de 2020 às 19:30, via conferência RNP. A apresentação com duração aproximada de 40 minutos, teve como principal objetivo dialogar sobre os pontos fortes e fracos do projeto, a fim de que pudessem, se necessário, haver modificações anteriores à aplicação aos discentes.

No momento da arguição estavam presentes remotamente o orientador, o coorientador e nove professores da área de ciências da natureza. Posteriormente, outros três professores assistiram à gravação e também puderam contribuir com o trabalho. Ao todo, obteve-se 12 (doze) respostas ao formulário de Validação por Pares enviados aos profissionais. O questionário de validação (APÊNDICE VII) contava com oito perguntas, cada uma variando a quantidade de itens a serem considerados, e em todas elas havia as opções I (insuficiente), S (suficiente) e MS (mais que suficiente).

Para cada uma das perguntas, foram geradas tabelas que serão apresentadas durante a análise da validação.

### 5.2.1 Análise e discussão dos resultados da Validação à Priori

Dentre todas as questões analisadas, nenhum item recebeu a indicação de insuficiência, permeando todas as avaliações em suficiente e mais que suficiente. As perguntas foram dispostas em tabelas, contendo o número de opções escolhidas pelos avaliadores sobre o projeto, em cada item. Abaixo, a Tabela 3 refere-se à primeira pergunta da validação.

**Tabela 3** – Pergunta 1 do questionário de Validação: refere-se à estrutura e organização do projeto, clareza, adequação do tempo e referenciais teóricos.

<b>A – ESTRUTURA E ORGANIZAÇÃO</b>	I	S	MS
A1. Qualidade e originalidade do projeto e sua articulação com os temas da disciplina: Neste item deve-se avaliar se o projeto é original, inovador e se os conteúdos abordados compõem o currículo de química.	0	1	11
A2. Clareza e inteligibilidade da proposta: Neste item deve-se avaliar se o projeto tem uma redação clara e direta, contendo todas as explicações necessárias para seu desenvolvimento.	0	3	9
A3. Adequação do tempo segundo as atividades propostas: Neste item é necessário avaliar se o tempo designado é condizente com as atividades e metodologias elencadas.	0	7	5
A4. Referencial Teórico/Bibliografia: Neste item é necessário avaliar se referencial de pesquisa está adequado à proposta, ao tema e aos conteúdos propostos.	0	2	10

**Fonte:** A autora, 2020.

Pode-se observar que a indicação de suficiente foi maior para item A.3, possivelmente pela imprecisão do tempo que seria gasto para a aplicação do projeto. A segunda pergunta (Tabela 4) questionava a problematização, os conceitos químicos abordados e a resolução do problema.

**Tabela 4** – Pergunta 2 do questionário de Validação: refere-se à problematização contida no projeto.

<b>B- PROBLEMATIZAÇÃO</b>	I	S	MS
B.1 A Problematização: Neste item é necessário avaliar se a escolha e a forma da problematização foram construídas segundo a temática proposta, se é contextualizada, se é atual e principalmente e se motiva os estudantes a participação das atividades que compõem o projeto.	0	4	8
B.2 Articulação entre os conceitos e a problematização: Neste item é necessário avaliar se existe uma estreita relação entre a	0	3	9

problematização do projeto e os conceitos trabalhados.			
B.3 Articulação entre os conceitos e a problematização: Neste item pretende-se avaliar se o contexto está imerso na abordagem que se propõe ao problema. Desta forma, a contextualização deve promover um melhor entendimento do problema e conseqüentemente uma melhor solução.	0	2	10
B.4 O problema e sua resolução: Ainda que se apresente um problema aberto, espera-se que sua resolução ou possibilidades de resolução sejam apresentadas ou desenvolvidas no decorrer das aulas e que este exercício de busca coletiva na resolução de tais questionamentos além de envolver e motivar também construa significados científicos. Desta forma se faz necessário que as conclusões alcançadas se vinculam diretamente ao problema proposto e, portanto, neste item deve se avaliar se o projeto proposto apresenta métodos e as abordagens para se alcançar tal resolução.	0	5	7

**Fonte:** A autora, 2020.

Houve 4 indicações em S no item B.1, o que pode ter sido acarretado pela escolha do tema, visto que ainda não é comum estudar sobre nanotecnologia, sobretudo a distância, podendo não ganhar toda a confiança e dedicação do aluno. De forma semelhante, 5 repostas S foram indicadas para o item B.4, presumivelmente devido ao receio de não se alcançar os objetivos traçados com as abordagens apresentadas. A terceira pergunta do questionário de Validação questionava sobre os conteúdos e conceitos abordados ao longo do projeto, listados na Tabela 5.

**Tabela 5** – Pergunta 3 do questionário de Validação: refere-se aos conteúdos abordados ao longo do projeto.

<b>C – CONTEÚDOS E CONCEITOS</b>	<b>I</b>	<b>S</b>	<b>MS</b>
C1. Objetivos e Conteúdos: Neste item é necessário avaliar se os objetivos são claramente informados e se vinculam com a problemática e os conceitos apresentados e se estão efetivamente direcionados a aprendizagem dos conteúdos e conceitos propostos.	0	2	10
C2. Conhecimentos Conceituais, Procedimentais e Atitudinais: Neste item é necessário avaliar se as atividades e conteúdos propostos são suficientes para que se alcancem os objetivos elencados, ou seja, o que se faz está em acordo com o que se pretende.	0	2	10
C3. Conhecimento Coloquial e Científico: Neste item pretende-se que a contextualização apresentada constitua ponto de partida para o desenvolvimento de um conteúdo científico que sirva como elemento explicativo de determinada situação ou mesmo como potencial agente solucionador da problemática social.	0	3	9
C4. Organização Encadeamento dos Conteúdos: Este item se refere tanto em avaliar se os conteúdos são encadeados de forma lógica e gradativa e se os conteúdos a serem desenvolvidos são condizentes com o número de aulas.	0	5	7
C5. Tema, Fenômeno, Conceitos: Pretende-se avaliar aqui se os	0	2	10

conceitos desenvolvidos pelo projeto fornecem elementos para a discussão do fenômeno proposto segundo o tema de ensino. Se faz sentido trabalhar tal tema segundo organização apresentada na busca de responder a problemática construída.			
--	--	--	--

Fonte: A autora, 2020.

O item C.4 foi mais sinalizado com 5 respostas S e pode ter relação com o item A.3, já que o desencadear de conteúdos tem relação direta com o tempo destinado ao projeto. O restante das avaliações para essa questão foi bastante otimista. A Tabela 6 indica a quantidade de respostas S e MS atribuídas a quarta pergunta.

**Tabela 6 – Pergunta 4 do questionário de Validação: refere-se ao método de ensino e de avaliação propostos para o projeto.**

<b>D – MÉTODO DE ENSINO E AVALIAÇÃO</b>	<b>I</b>	<b>S</b>	<b>MS</b>
D.1 Aspectos Metodológicos: Avaliar neste item se os aspectos metodológicos são adequados e suficientes para alcançar os objetivos planejados. Verificar também se as estratégias didáticas são diversificadas e apropriadas para o desenvolvimento da problemática proposta.	0	4	8
D.2 Organização das atividades e contextualização: Neste item é necessário verificar se as atividades estão devidamente apresentadas aos alunos e se promovem, em consequência, a contextualização dos conteúdos a serem aprendidos.	0	2	10
D.3 Métodos de avaliação: Neste item é analisado como se avalia no projeto se o(s) instrumento(s) de avaliação propostos são adequados e suficientes às metodologias apresentadas.	0	4	8
D.4 Avaliação integradora: Deve-se verificar se a avaliação é integrada ao longo do projeto, ou seja, avalia-se todo o percurso do estudante.	0	3	9
D.5 Feedback de Avaliação: Quando a avaliação possui objetivo formativo os resultados desta avaliação servem de informação para compreender os avanços alcançados, as dificuldades enfrentadas pelos alunos e estabelecer as atitudes a serem tomadas. Portanto, observar com este critério de análise se existem instrumentos de feedback para os estudantes dos resultados obtidos nas avaliações.	0	4	8
D.6 A metodologia adotada favorece o ensino-aprendizagem dos alunos do ensino médio.	0	1	11

Fonte: A autora, 2020.

Constata-se que houver 4 marcações S em cada um dos subitens D.1, D.3 e D.5. Os itens mencionavam as estratégias didáticas utilizadas, o método de avaliação e a forma com que seria analisado os avanços dos alunos. A ausência de trabalhos/provas formais ao longo do projeto possa ter causada alguma insegurança nos avaliadores que optaram por indicar apenas suficiente aos itens mencionados. De qualquer modo, não houver grandes observações na última questão, visto que era

aberta oportunizando quaisquer opiniões, que pudesse fazer com que o projeto modificasse sua forma de avaliação (qualitativa) e metodologia.

Dividida em três subitens, a Pedagogia de Projetos foi o foco das próximas perguntas da validação por pares. Argumentou-se sobre a apropriação dos conceitos de John Dewey e sobre o instrumento de análise aplicado (Tabelas 7-9).

**Tabela 7** – Pergunta 5 do questionário de Validação: refere-se à finalidade do projeto em questão.

<b>E- ABORDAGEM DE PROJETOS – E1 – Dimensão Finalidades</b>	I	S	MS
E.1.1 O projeto propõe o desenvolvimento de procedimentos científicos (observar, inferir, classificar, explicar, relacionar), a resolução de problemas e a melhoria do pensamento crítico.	0	1	11
E.1.2 Fomenta o desenvolvimento de princípios e normas de conduta responsáveis e conscientes, individuais e coletivos.	0	2	10

Fonte: A autora, 2020.

**Tabela 8** – Pergunta 6 do questionário de Validação: refere-se ao conhecimento abordado ao longo do projeto.

<b>E- ABORDAGEM DE PROJETOS – E2 – Dimensão Conhecimento</b>	I	S	MS
E.2.1 Sugere uma abordagem contextualizada de temas atuais, relacionados com os conhecimentos prévios dos alunos, com o seu dia-a-dia e propõe a discussão de temas científicos em função da sua utilidade social.	0	1	11
E.2.2 Sugere situações em que diferentes realidades sociais estão na origem de novas descobertas científicas e inovações tecnológicas (questões éticas, desigualdades socioculturais). Aborda as vantagens e os limites do conhecimento científico-tecnológico, bem como os seus impactos na sociedade e no ambiente.	0	3	9
E.2.3 Evidencia as relações recíprocas entre a ciência e a tecnologia e as mudanças nas condições de vida das pessoas (hábitos, estilo de vida, criação de novos recursos, etc.). Enfatiza os impactos na sociedade e no ambiente devido a avanços científico-tecnológicos.	0	3	9
E.2.4 Privilegia a exploração dos conteúdos científico-tecnológicos relacionados com outros campos do saber.	0	2	10

Fonte: A autora, 2020.

**Tabela 9** – Pergunta 7 do questionário de Validação: refere-se aos procedimentos realizados ao longo do projeto.

<b>E- ABORDAGEM DE PROJETOS – E3 – Dimensão Procedimento</b>	I	S	MS
E.3.1 Incentiva o aluno para a utilização/manipulação de diferentes recursos dentro e fora da sala de aula.	0	1	11
E.3.2 Propõe a realização de atividades práticas, experimentais,	0	1	11

laboratoriais.			
E.3.3 Envolve ativamente o aluno em atividades de debates, resolução de problemas, discussões, pesquisas sobre questões.	0	1	11

Fonte: A autora, 2020.

Nas três Tabelas predominaram o conceito MS (entre 9 e 11), sendo que nos subitens E.2.2 e E.2.3 houveram 3 atribuições do conceito S, respectivamente. Alguns dos avaliadores comentaram, durante a arguição, sobre essa tecnologia não estar no dia a dia de grande parte da sociedade, devido aos altos custos principalmente sendo, portanto, uma forma de justificar esses itens, em especial, já que sugerem impactos e mudanças na sociedade e no ambiente.

Continuamente, já na última pergunta da validação, a Tabela 10 indica a avaliação dos materiais utilizados para a execução do projeto.

**Tabela 10** – Pergunta 8 do questionário de Validação: refere-se aos aplicativos e materiais utilizados no projeto.

<b>F – ESTRATÉGIAS DE ACIONAMENTO DO INTERESSE DO ALUNOS NO CONTEXTO REMOTO</b>	I	S	MS
F.1 A utilização do Padlet é uma boa estratégia para que os discentes identifiquem os pontos principais da nanociência/nanotecnologia.	0	3	9
F.2 A utilização do Kahoot é uma boa estratégia para que os discentes demonstrem a aprendizagem dos conceitos de interação intermolecular propostos na aula teórica.	0	6	6
F.3 A utilização de um formulário logo após a experimentação é uma boa estratégia para que os discentes selecionem os principais pontos de aprendizagem.	0	2	10
F.4 A experimentação com materiais cotidianos é uma boa estratégia para relacionar com conceitos nanotecnológicos.	0	1	11
F.5 A produção de um material, após a aplicação do experimento, é uma boa estratégia para que os discentes organizem de forma sistematizada os pontos principais da nanociência/nanotecnologia frente à experimentação.	0	3	9
F.6 A Webinar com um especialista promove um ganho para a alfabetização científica.	0	3	9
F.7 A produção de vídeos como finalização do projeto demonstra o conhecimento adquirido ao longo do mesmo.	0	4	8
F.8 O experimento/atividade problematizada seria capaz de ser aplicada em uma escola sem muita infraestrutura.	0	2	10
F.9 O projeto desenvolvido permite ao docente ministrar de forma lúdica o conteúdo de interações intermoleculares associado a conceitos nanotecnológicos utilizando o preparo de alimento.	0	1	11

Fonte: A autora, 2020.

Um fato marcante foi o equilíbrio entre os conceitos S e MS no subitem F.2, com 6



indicações cada um. Alguns avaliadores confessaram não conhecer o aplicativo *Kahoot*, fato motivador para a indicação do conceito S. Outras também, como exemplo P09, não consideram uma boa forma de avaliação por se tratar de um jogo de agilidade e objetividade. Por esse e outros motivos, o aplicativo *Kahoot* não foi desconsiderado do projeto.

Outro fato a ser considerado, foi a indicação do conceito S no subitem F.8, também mencionado por P01, alegando não ser possível a aplicação em uma escola sem muita infraestrutura. Motivado pelo pensamento de que todas as ações tecnológicas utilizadas no projeto deveriam ser também usadas numa possível reaplicação. Entretanto, como foi esclarecido inclusive ao avaliador, houve a necessidade de usar alguns recursos de mídia e afins unicamente devido ao momento de isolamento social que vem sendo vivenciado, podendo ser perfeitamente possível, sua adequação para qualquer realidade, com ou sem possibilidades de recursos tecnológicos/laboratoriais. Por último, os comentários dos professores e suas justificativas para os maiores e menores valores de suficiência atribuídos aos critérios de avaliação evidenciando os pontos fortes e fracos do projeto, foram colocados na Tabela 11, sugerindo-se ainda, novas ferramentas para a melhoria do projeto. Utilizou-se o prefixo “P”, seguido de numeração, para identificar as respostas.

**Tabela 11** – Pergunta 9 do questionário de Validação: questão discursiva para evidenciar pontos fortes e fracos do projeto pelos avaliadores.

<b>Professor</b>	<b>Resposta</b>
<b>P01</b>	<i>“Contexto prático e dinâmico, mas infelizmente a utilização dessas tecnologias não são inteiramente apropriadas a qualquer escola. Mas, certamente, são muito relevantes e cabíveis ao projeto.”</i>
<b>P02</b>	<i>“O trabalho é muito relevante, pois diminui a distância do aluno ao tema nanotecnologia. Aliado a isso está o experimento de baixo custo estimulando protagonismo, haja vista período de pandemia vivenciado. Parabéns.”</i>
<b>P03</b>	<i>“Sensacional!!! A aplicabilidade e contextualização do projeto tornam algo nanotecnológico muito lúdico.”</i>
<b>P04</b>	<i>“Acho que os alunos irão aproveitar muito a SD. Excelentes ideias e organização.”</i>
<b>P05</b>	<i>“ótima proposta!”</i>
<b>P06</b>	<i>“Somente elogiar mesmo. Ótima abordagem e temática frente a realidade que vivenciamos.”</i>
<b>P07</b>	<i>“O Projeto é muito interessante. Com certeza irá chamar a atenção dos alunos.”</i>
<b>P08</b>	<i>“O público alvo são alunos do EM, por isso as atividades devem contemplar o perfil do sujeito para alcançar maior engajamento.”</i>
<b>P09</b>	<i>“- Falando nos objetivos de aprendizagem, como pretende analisar os</i>

	<p><i>produtos discentes quanto à construção de conhecimentos? O que eles devem demonstrar saber ao final? Para mim não ficou claro no vídeo. Com esses critérios, penso eu, ficará mais fácil analisar os vídeos e demais produtos quanto à construção ou não de novos saberes.</i></p> <p><i>- Concordo com a colega que abordou a distinção entre cooperação e colaboração. Se desejar tenho um texto de didática que faz esta diferenciação e a partir do qual você pode buscar fontes teóricas mais profundas sobre o tema.</i></p> <p><i>- Adoro o Kahoot como momento de diversão e entretenimento, mas tenho algumas restrições porque há um limite de caracteres ao digitarmos as questões. Assim, fica difícil contextualizá-las, e como há tempo limite para resposta não sei se é um instrumento eficiente para verificar aprendizagem. Cada aluno tem seu tempo. Entretanto, como há outros momentos no projeto que certamente darão conta desta avaliação mais detida, então é sempre bom garantir a diversão :)"</i></p>
<p><b>P10</b></p>	<p><i>"Todo material didático proposto e sua interface amigável para o discente permite maior interação e interesse dos educandos visto, toda dificuldade que nós como docentes temos em explorar conteúdos científicos mais complexos e realizar está correlação com o tempo de aula hora.</i></p> <p><i>A utilização da referência do Filme de 1966 - Viagem Fantástica embasado no Livro de um escritor renomado com clássicos na literatura de ficção científica, permite ainda mais a visualização da nanotecnologia pelos educandos e até onde com o filme de modo simplório a educação científica e de suma importância, visto que a mesma é interdisciplinar."</i></p>

**Fonte:** A autora, 2020.

Analisando a observação de P08, realmente há a necessidade em adequar tudo o que é visto para a sala de aula, afinal, se até dentro de uma sala existem pessoas diferentes quem dirá em diferentes salas, séries, escolas etc. Tudo o que um professor se propõe a trabalhar é com vistas às necessidades e potencialidades de seus alunos, novamente reiterando que o projeto é aplicável a qualquer público.

Das considerações feitas por P09 a respeito da avaliação dos materiais produzidos pelos discentes, as análises serão qualitativas, pautadas no desenvolvimento das respostas tanto nos questionários quanto oralmente nas aulas. Nesse sentido, qualquer sinal de que os discentes adquiriram conhecimento já é válido para o projeto. Ainda sobre a resposta de P09, a respeito da mudança no título (não inclusa na Tabela 11) e do conceito de "cooperação" para "colaboração", ambos foram aceitos, reformulados e passaram a compor o novo título do trabalho. Aproveitando o diálogo com o título, é perceptível o fato de que ele sofreu grandes modificações desde o início do projeto, muito pela necessidade de readequação com o momento em que as escolas se encontram e pelo ajuste natural que vem acontecendo ao longo de toda a execução da dissertação.



As contribuições de P10 foram importantes e a dica do filme “Viagem Fantástica” também bastante oportuna. Entretanto não foi possível agregar ao projeto, devido à distância social por questões da pandemia, visto que se estivessem em sala de aula, seria mais interessante assistirão filme todos juntos. Mas nada impede que seja utilizado por outros professores ao adequar esse projeto ao contexto de sua própria sala de aula.

Por fim, todas as outras respostas parabenizam ao projeto, seus objetivos e formato de execução. Sem receber críticas aos possíveis pontos fracos, entende-se que os avaliadores aprovaram com louvor a aplicabilidade do projeto, sem discordar grandemente com sua exequibilidade. Dessa forma, o projeto foi então aplicado numa turma do ensino médio sendo os resultados discutidos nos próximos itens.

### 5.3 VALIDAÇÃO À *POSTERIORI* DO PROJETO

#### 5.3.1 Descrição dos momentos

5.3.1.1 Momento 01 – A primeira aula do projeto, introdução do tema, aplicação do questionário inicial e início do *Jigsaw Classroom*.

Em 11 de agosto de 2020 houve o primeiro contato dos alunos com o projeto *#NanoTeam*. Na aula síncrona que iniciou às 8h30min foi explicado que a partir daquela aula haveria a realização das atividades propostas pela dissertação de mestrado da pesquisadora e professora. Informou-se sobre o tema do projeto, bem como a importância de assinarem aos documentos previamente enviados por e-mail, dentre eles:

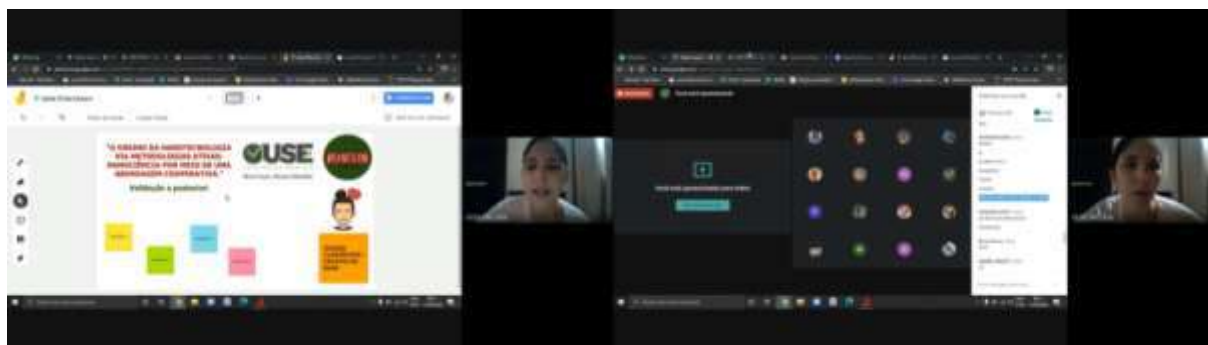
- *Termo de assentimento livre e esclarecido – TALE (para menores de 18 anos - resolução CNS 466 de 12/12/2012); (APÊNDICE II)*
- *Termo de consentimento livre e esclarecido - TCLE (para responsável legal pelo menor de 18 anos - resolução CNS 466 de 12/12/2012); (APÊNDICE III)*
- *Termo de consentimento livre e esclarecido - TCLE (para maiores de 18 anos ou emancipados - resolução CNS 466 de 12/12/2012); (APÊNDICE IV)*

- *Consentimento de participação como voluntário no processo de validação do projeto.* (APÊNDICE V)
- *Autorização de uso de imagem e som no processo da validação do projeto;* (APÊNDICE VI)

Em seguida receberam o questionário inicial – QI (APÊNDICE VIII), para diagnose do conhecimento prévio sobre o tema Nanotecnologia. Nesse momento 16 alunos, dos 21 da turma, estavam na aula. Em seguida mais 03 alunos entraram na aula, respondendo também ao QI. Por fim, 02 alunos que ficaram sem responder no momento síncrono receberam o link do formulário e responderam no momento que conseguiram, concluindo assim a aplicação. A discussão dos resultados do QI será apresentada em tópico específico, ao final da descrição dos momentos.

Antecipadamente ao final da aula, iniciou-se a explicação do método *Jigsaw Classroom* de ensino, no qual os discentes passariam a utilizar a partir de então. Como parte do processo metodológico, os discentes se dividiram em 04 grupos, sendo formado 03 grupos de base com 05 integrantes e 01 grupo com 06 integrantes. A Figura 18 abaixo retrata momentos desse primeiro momento.

**Figura 18** – *Print do 1º momento de aplicação do projeto.*



**Fonte:** A autora, 2020.

5.3.1.2 Momento 02 – O primeiro assíncrono, destinado à divisão dos grupos de trabalho e ao estudo dos temas introdutórios.

Ao final da escolha, organizada pelos próprios alunos, determinou-se o líder de cada equipe. Esse líder ficou responsável pela criação de grupos de WhatsApp e de receber o material para a aplicação do JC. Após a criação dos grupos, eles receberam o texto

no formato PDF construído pela professora (APÊNDICE XII) com as informações e *links* necessários para que o líder pudesse distribuir dentro do grupo de base.

Os links contidos neste PDF conduziam o estudante para outros textos (ANEXOS II e III) e vídeos, que seriam suas partes de estudo, de acordo com a metodologia escolhida. No momento assíncrono do mesmo dia, todos os discentes estudaram suas partes individualmente. Para elucidar melhor como ficaram dispostos os temas de trabalho, apresenta-se o Quadro 1 abaixo.

**Quadro 1** – Formação dos grupos de base com os discentes de acordo com a metodologia *Jigsaw Classroom*.

<b>MATERIAL/PDF</b>	<b>GRUPO DE BASE 1</b>	<b>GRUPO DE BASE 2</b>	<b>GRUPO DE BASE 3</b>	<b>GRUPO DE BASE 4</b>
<b>PARTE 1 - A história da nanotecnologia</b>	Aluno 1 do grupo 1	Aluno 1 do grupo 2	Aluno 1 do grupo 3	Aluno 1 do grupo 4
<b>PARTE 2 - A importância do tamanho</b>	Aluno 2 do grupo 1	Aluno 2 do grupo 2	Aluno 2 do grupo 3	Aluno 2 do grupo 4
<b>PARTE 3 - Os produtos nanotecnológicos</b>	Aluno 3 do grupo 1	Aluno 3 do grupo 2	Aluno 3 do grupo 3	Alunos 3 e 6 do grupo 4
<b>PARTE 4 - O artigo sobre nanociência e ensino médio</b>	Aluno 4 do grupo 1	Aluno 4 do grupo 2	Aluno 4 do grupo 3	Aluno 4 do grupo 4
<b>PARTE 5 - Vídeos sobre a aplicação da nanotecnologia</b>	Aluno 5 do grupo 1	Aluno 5 do grupo 2	Aluno 5 do grupo 3	Aluno 5 do grupo 4

Fonte: A autora, 2020.

No dia 12 de agosto de 2020, ainda no assíncrono, foi informado aos grupos de base do aplicativo *WhatsApp* que, após a leitura individual das partes do texto e/ou assistir aos vídeos, os alunos passariam para a segunda parte do JC - o grupo de especialistas. Então criou-se novos grupos especialistas no aplicativo *WhatsApp*,

agora, com discentes que ficaram com a mesma parte para estudar, como representado a seguir (Quadro 2).

**Quadro 2** – Formação dos grupos de especialistas com os discentes de acordo com a metodologia *Jigsaw Classroom*.

<b>MATERIAL/PDF</b>	<b>GRUPO DE BASE 1</b>	<b>GRUPO DE BASE 2</b>	<b>GRUPO DE BASE 3</b>	<b>GRUPO DE BASE 4</b>
<b>GRUPO DE ESPECIALISTAS 1 - A história da nanotecnologia</b>	Aluno 1 do grupo 1	Aluno 1 do grupo 2	Aluno 1 do grupo 3	Aluno 1 do grupo 4
<b>GRUPO DE ESPECIALISTAS 2 - A importância do tamanho</b>	Aluno 2 do grupo 1	Aluno 2 do grupo 2	Aluno 2 do grupo 3	Aluno 2 do grupo 4
<b>GRUPO DE ESPECIALISTAS 3 - Os produtos nanotecnológicos</b>	Aluno 3 do grupo 1	Aluno 3 do grupo 2	Aluno 3 do grupo 3	Alunos 3 e 6 do grupo 4
<b>GRUPO DE ESPECIALISTAS 4 - O artigo sobre nanociência e ensino médio</b>	Aluno 4 do grupo 1	Aluno 4 do grupo 2	Aluno 4 do grupo 3	Aluno 4 do grupo 4
<b>GRUPO DE ESPECIALISTAS 5 - Vídeos sobre a aplicação da nanotecnologia</b>	Aluno 5 do grupo 1	Aluno 5 do grupo 2	Aluno 5 do grupo 3	Aluno 5 do grupo 4

Fonte: A autora, 2020.

Os grupos de especialistas decidiram como seria a socialização do tema em comum a todos. Os grupos 3 e 4 preferiram enviar áudios e mensagens no grupo de *WhatsApp* dos especialistas para discutirem sobre seus respectivos temas, enquanto o grupo 5 de especialistas decidiu marcar um horário e fazer uma videochamada para discutirem sobre suas determinadas partes.

Contudo o grupo de especialistas 1, devido à instabilidade de internet de alguns e por motivo de emprego de um aluno, não cumpriram seu dever de se reunir para estudarem juntos a parte que lhes cabia do quebra-cabeças. O grupo de especialistas 2, também não se reuniu para debater a parte que precisavam, por falta de

organização e tempo, mas, afirmaram que todos leram individualmente. De qualquer forma, ambos os grupos contribuíram na aula.

As discussões foram bastante significativas, com expressão de opinião, acesso às reportagens e séries que tratam sobre a nanotecnologia. Quando alguém questionou algo que não entendeu muito bem, o outro aluno esclareceu e, assim, cumpriram a segunda etapa do JC. Um ponto negativo desse momento foi que alguns alunos estavam sem acesso à internet, já que houve uma pane geral no município em que residem, e muitos provedores de internet ficaram indisponíveis. Esses alunos não puderam partilhar diretamente das discussões, mas, assim que conseguiram, enviaram aos grupos suas contribuições.

Reuniu-se algumas contribuições dos grupos de especialistas (Quadro 3) quando estes estavam discutindo sobre seus temas, anteriormente ao retorno ao grupo de base.

**Quadro 3 – Reflexões dos discentes inseridos nos grupos de especialistas.**

<b>Aluno 3 do grupo 3</b>	<i>“Eu achei interessante a parada da nanotecnologia ser aplicada ao esporte, pq pode tornar a vida do atleta melhor, disponibilizando equipamentos melhores, mais leves e eficazes. ” / “Imagina se chegar no nível de filme tá ligado, de poder realmente curar 100% de um tecido humano, seria um avanço gigantesco na ciência tbm, tanto na economia quando na vida” / “Eu acho muito possível, pq temos muitos avanços tanto na programação e na fabricação de equipamento robóticos, agora só precisa se criar uma estrutura mais especial para esse tipo de demanda, mas cara, tipo em equipamento já é muito mais fácil de ser feito, eu penso tbm na linha de games, criando MÁQUINAS de resolução saca.”</i>
<b>Aluno 3 do grupo 1</b>	<i>“Já pensou a inserção de nanorobôs na corrente sanguínea para efetuar o combate contra micro-organismos danosos, e com transmissão por nanocâmeras na BAND!?” / “Potencial absurdo. Difícil de se acreditar. Mas é o futuro né.”</i>
<b>Aluno 3 do grupo 2</b>	<i>“Gostei da parte que fala que a nanotecnologia permeando quase todo o setor produtivo mundial, ainda que de forma mais pronunciadamente incremental do que revolucionária, um grande número de empresas, sejam as tipicamente nanotecnológicas, sejam aquelas que estão rapidamente se adequando aos novos tempos. Os setores que mais têm se destacado no lançamento de produtos obtidos por via nanotecnológica são na energia, iluminação, embalagem, cosméticos, fármacos”</i>
<b>Aluno 3 do grupo 4</b>	<i>“Hoje em dia já existe impressora 3D. De acordo com a série Grey's Anatomy apresenta muito a tecnologia e a nanotecnologia na medicina assim como impressão de órgãos e o desenvolvimento de órgãos reais que possam ser utilizados.”</i>

<b>Aluno 5 do grupo 4</b>	<i>“A parte que eu achei mais interessante foram as invenções, que mostra como a nanotecnologia age no nosso dia a dia, e que abre infinitas possibilidades de ter mais invenções com essa no futuro.”</i>
<b>Aluno 5 do grupo 1</b>	<i>“O nano é algo ainda menor do que a gente pode imaginar ser pequeno. A gente nunca vai conseguir ver uma nano coisa a olho nu. O nano é isso, você arranca um fio de cabelo seu, e fica muito menor, e ainda tem os glóbulos vermelhos no seu sangue, e você não consegue medir em nano porque ele ainda é muito grande para ser medido.”</i>
<b>Aluno 5 do grupo 2</b>	<i>“Resumindo é uma tecnologia que trabalha na escala nanométrica, e existem diversos circuitos e aparelhos que trabalham com essa escala, tendo proporções de átomos ou moléculas. Ela pode ser usada na medicina, na física, na química, ciência da computação, um monte de coisa. Ela já está bem próxima da gente.”</i>
<b>Aluno 5 do grupo 3</b>	<i>“Trata-se de algo muito pequeno mesmo, e dá para ser usado em várias coisas, tanto no uso medicinal para ajudar/tratar alguma doença, igual ao câncer. E no uso do dia a dia, como escova, o spray impermeabilizante. Eu particularmente, achava que a nanotecnologia era usada só em eletrônicos, e vendo o vídeo, percebi que está mais perto da gente.”</i>

Fonte: A autora, 2020.

5.3.1.3 Momento 03 – A segunda aula reuniu todas as partes do *Jigsaw Classroom*, cumprindo o papel proposto pela metodologia.

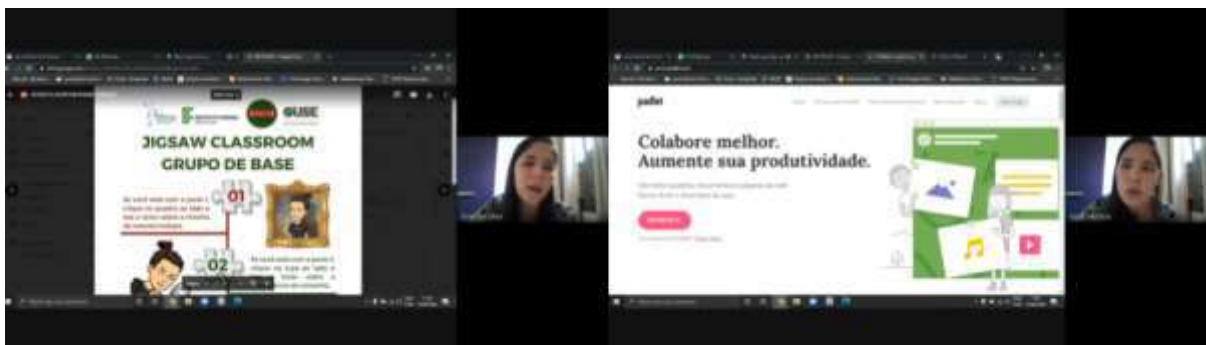
No segundo momento síncrono da aplicação do projeto foi a vez do retorno aos grupos de base. Em aula *online*, às 10h50min do dia 13 de agosto de 2020, os discentes começaram sua entrega de conhecimento para todo o grupo. Cada um em seu momento, seguindo a ordem crescente das partes (1, 2, 3, 4 e 5), pôde expor sua opinião, o que entendeu, o que achou mais significativo e o quanto a nanotecnologia é importante e se faz tão presente em nosso cotidiano.

Os discentes estavam extremamente participativos, alguns, por não possuírem microfone para falar durante a reunião na plataforma *Google Meet*, digitaram no *chat* suas contribuições e dúvidas. Dentre os pontos mais discutidos nesta aula, destaca-se a utilização da nanotecnologia na medicina e, conseqüentemente, a utilização de nanorobôs para carreamento de medicamentos dentro do corpo, sendo a mais intensa e impactante, pela fala dos estudantes.

Foi analisado, juntamente com os discentes, o texto no formato PDF enviado com os links dos textos dos vídeos (APÊNDICE XII). Discutiu-se a importância do tamanho, o

quanto a nanotecnologia já está presente nos cosméticos, vestuários, equipamentos de esportes, na farmacologia, medicina e no ramo alimentício (Figura 19).

**Figura 19** – *Print* do 3º momento de aplicação do projeto.



**Fonte:** A autora, 2020.

Para concluírem a aplicação do JC foi escolhida a utilização do aplicativo *Padlet*, onde cada equipe ficou responsável por montar um mural. Eles teriam que acessar ao site, se inscrever e começar a usar o aplicativo *Padlet*, utilizando todo o conhecimento adquirido com a aplicação da metodologia *Jigsaw* juntamente com as respectivas discussões acerca da nanociência e da nanotecnologia.

O aplicativo *Padlet* é uma ferramenta online que permite a criação de um mural ou quadro virtual dinâmico e interativo para registrar, guardar e partilhar conteúdos multimídia. Funciona como uma folha de papel, onde se pode inserir qualquer tipo de conteúdo (texto, imagens, vídeo, hiperlinks) juntamente com outras pessoas. Com a mesma conta pode-se criar vários murais (UFSCar, 2018).

Ao final da etapa JC, houve uma aplicação de questionário (APÊNDICE IX) e a discussão dos resultados será apresentada em tópico específico, ao final da descrição dos momentos.

#### 5.3.1.4 Momento 04 – Segundo assíncrono destinado à confecção de murais *online* no aplicativo *Padlet*.

Os discentes deveriam produzir entre os dias 13 e 16 de agosto de 2020. Entretanto, devido a alguns percalços como, por exemplo, falta de internet, trabalho e atividade pessoais, apenas o grupo 01 entregou no prazo estabelecido, então, buscando



minimizar problemas decorrentes da falta de tempo por parte dos discentes, foi oferecido um prazo maior para a confecção dos murais através da ferramenta *online Padlet*. Assim, eles tiveram até a terça-feira, 18 de agosto de 2020, para entregarem os arquivos. Todos enviaram com êxito.

O mais interessante é que nenhum dos alunos conhecia a ferramenta *online Padlet* e, com muita dedicação e interesse, buscaram compreender as funções da ferramenta e, unidos colaborativamente, montaram seus quadros brilhantemente. (ANEXO IV)

Os trabalhos podem ser visitados nos links:

- *Equipe 1:* <https://padlet.com/brunomarim/bb5w70gvmcg05dq>
- *Equipe 2:* <https://padlet.com/badianikaylane/7952wllsnb6usrk5>
- *Equipe 3:* <https://padlet.com/muriloalmeidao37/peaz2861a2vsbj6v>
- *Equipe 4:* <https://padlet.com/luizacastilhoni/8hzaaugumf8ml1ql>

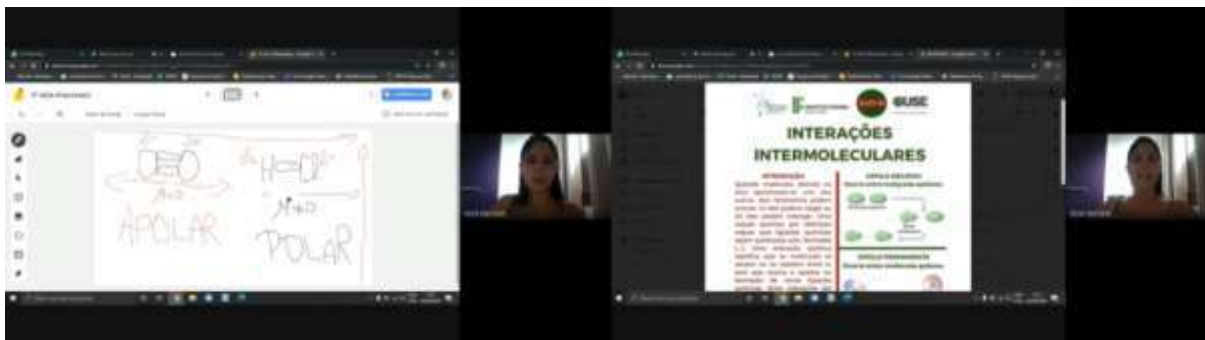
Após essa primeira parte do projeto, onde os discentes trabalharam em grupos, fez-se necessário identificar os discentes por número, a fim de atribuir um símbolo numérico as respostas de cada aluno e sua evolução sem, contudo, identifica-los pelos nomes. Assim, a partir de então, os discentes serão identificados como A1, A2, A3, ..., A21.

5.3.1.5 Momentos 05 e 06 – Dois dias de aulas síncronas que abordaram conceitos importantes para a continuidade do projeto.

O terceiro momento síncrono foi dividido em três aulas, para que os discentes pudessem relembrar os conceitos estruturantes para as próximas etapas do projeto. Na primeira aula, dia 18 de agosto de 2020, foi a vez de revisitar os conteúdos sobre ligação química e geometria molecular. Na segunda aula, dia 20 de agosto de 2020, discutiu-se sobre polaridade e interação intermolecular. Os discentes receberam nesta aula, um texto no formato PDF com hiperlink de artigos, resumos e vídeos, falando exclusivamente sobre interação intermolecular e os outros conteúdos estruturantes, também formulado pela professora. (APÊNDICE XIII). Na Figura 20 encontram-se dois momentos dessas aulas.



**Figura 20** – *Print* do 5º momento de aplicação do projeto.



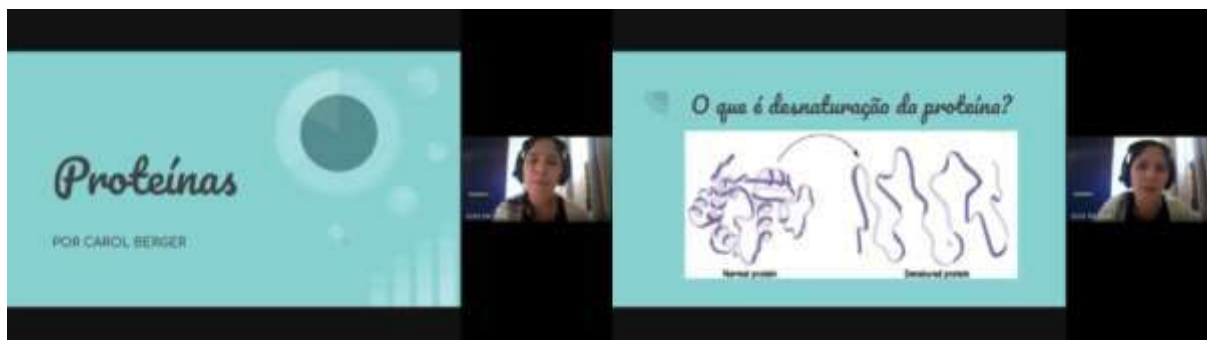
**Fonte:** A autora, 2020.

Como os discentes puderam, após as aulas teóricas, rever e estudar sobre os conceitos dispostos no texto em formato PDF, num momento assíncrono, os conceitos revisitados seriam testados por meio de um jogo *online* - o *Kahoot*. Mas, devido ao grande acúmulo de atividades, por parte das outras disciplinas, julgou-se mais adequado suspender a utilização do aplicativo *Kahoot* visando não ser apenas uma atividade a mais na grande lista de tarefas que eles já tinham naquela semana.

O objetivo do jogo nessa etapa do projeto era favorecer a apropriação do conhecimento sobre ligação química, geometria molecular, polaridade e interação intermolecular. Para que, ao chegar na próxima aula os discentes estivessem mais preparados para relacionar esses conceitos prévios com a experimentação. Entretanto houve essa percepção de apropriação em conversas paralelas nos próprios grupos de aplicativo *WhatsApp*, não sendo necessária a obrigatoriedade do jogo *online Kahoot*.

Na terceira aula teórica do terceiro momento síncrono, dia 25 de agosto de 2020, os discentes puderam visitar o conteúdo de bioquímica sobre proteínas, como a composição, sua função biológica e os meios pelas quais se pode desnaturá-la. Por meio de uma apresentação de slides (APÊNDICE XVI) explorou-se o assunto, relacionando com os conceitos de interação intermolecular (Figura 21), necessários à continuidade do projeto.

**Figura 21** – *Print* do 6º momento de aplicação do projeto.



Fonte: A autora, 2020.

5.3.1.6 Momento 07 – *Webinar* com um especialista na área de nanotecnologia, para intensificar o conhecimento.

Ainda no dia 25 de agosto de 2020, ocorreu o seminário *online* em vídeo *Webinar* ministrada pelo professor Doutor André Romero da Silva, uma apresentação descontraída e excepcional sobre nanotecnologia. Os discentes participaram de uma web à noite, iniciada às 19h, na plataforma *Google Meet*, dentro da própria sala de aula da terceira série, que durou quase duas horas.

A maioria dos discentes participaram deste momento. De 21 alunos na turma, 15 estavam presentes durante todo o seminário *online* em vídeo *Webinar*. Os alunos A1 e A2 entraram na web atrasados e, os demais - A6, A12, A18 e A20 - não compareceram.

A apresentação dos dispositivos (*slides*) contava com os pontos principais a respeito da nanotecnologia, como: conceitos básicos, preparo de partículas, problemas de escalonamento, propriedades nanoparticuladas, aplicações e investimentos.

Em dado momento da palestra, quando o Dr. André falava sobre pontos de contato de animais, como o exemplo das lagartixas, que potencializam a interação dessas com superfícies/paredes, um dos discentes, o A5, levantou um questionamento - “Como as pessoas que trabalham com nanotecnologia manuseiam essas partículas em nanoescala?” - Então, André, explicou que não se consegue ver a olho nu, mas sim existe a visualização de uma espécie de “pó”. E só é confirmada a existência de nanopartículas devido a utilização de algumas técnicas que caracterizam o material. E o A10 complementou, questionando - “E se tiver um grande conjunto desse

material? ” - Ainda interessados em visualizar essas partículas a olho nu. Então o palestrante mostrou e citou os microscópios capazes de permitir essa visualização.

Uma outra pergunta do A10, ainda sobre tamanho, foi a respeito daquela poeira que você consegue ver no ar. Existiu a curiosidade em saber se essa poeira poderia estar em tamanho nanoparticulado, então André explicou que possivelmente está em tamanho micrométrico, mas, caso exista um conjunto de tamanhos nanométricos agregados, o que você vai enxergar também será o conjunto e não apenas, uma unidade nanoparticulada.

Durante a apresentação, foi mostrado um sistema de laboratório capaz de preparar essas partículas, com a participação de um liofilizador (equipamento responsável por evaporar suspensões nanoparticuladas) em uma das imagens. E o palestrante perguntou: “*O pessoal gosta de leite ninho, aí?* ” Pronto, foi a deixa para interação máxima entre os estudantes. Além de adorarem o leite ninho, um dos discentes tem uma açaiteria, deixando os alunos eufóricos com a continuação da explanação.

É explicado aos estudantes que o leite em pó é produzido pelo liofilizador sendo a amostra congelada, inicialmente, antes de ser colocada no equipamento. Este, por sua vez, por meio de alto vácuo, favorece o processo de sublimação, onde a água sai do estado sólido e passa direto para o estado gasoso, restando no equipamento, apenas a parte sólida, constituinte do leite. E o aluno A10, em especial, ficou maravilhado com a descoberta, pois, achava que o leite em pó era derivado do gelo “ralado”. E no final, ele disse que foi a parte mais interessante da palestra para ele.

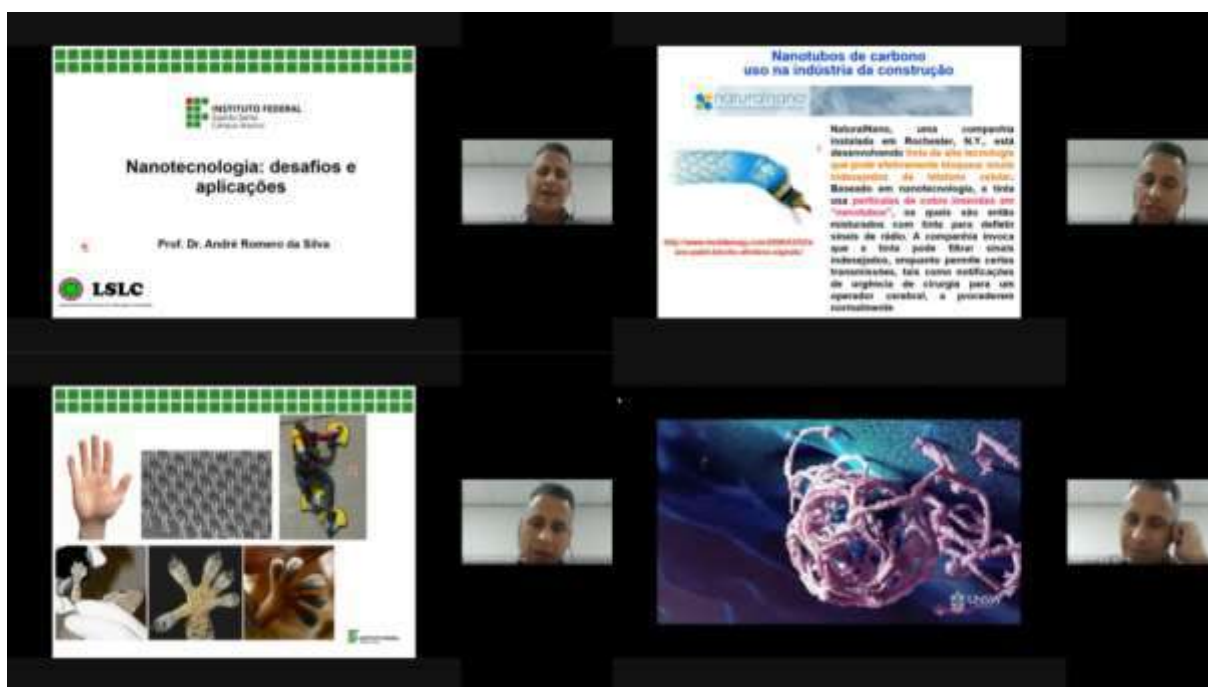
Mais adiante, o aluno A14 questionou, após ver algumas imagens de células cancerígenas sendo carregadas por medicamentos encapsulados, sobre a existência ou não de máquinas que conseguiriam entrar no corpo humano e destruir as células de câncer. Então, o professor André explicou que os chamados nanorobôs, na verdade, são as partículas manipuladas em escala nanométrica, capazes de serem introduzidas e monitoradas nas células tumorais. Ao manipular essa medicação em dimensões nanométricas, a fim de que adquiram propriedades favoráveis a aproximação e internalização do medicamento junto a célula doente, induzindo a morte da célula, pode-se dizer que um nanorobô está sendo usado.

Ainda falando de células surgiu uma dúvida no aluno A4 - “*Quando você mata uma célula ela se transforma em alguma outra coisa ou ela simplesmente desaparece?* ” -

André explica que as células entram num processo de morte, que pode ter duas vias: uma é a chamada apoptose, em que se desencadeia uma série de reações biológicas, em que a célula entra num processo de morte natural. Inclusive esse é o sistema de defesa do nosso organismo. A segunda via seria a morte necrótica, em que o medicamento causa uma morte drástica na célula, por exemplo, pela desestruturação da membrana celular.

Por fim, mais algumas aplicações foram discutidas e mostradas, o potencial do mercado e a curva de investimentos na área da nanotecnologia, sendo finalizado o seminário *online* em vídeo *Webinar* com o Dr. André Romero da Silva (Figura 22). Os estudantes agradeceram a oportunidade de poderem tomar conhecimento de todas as informações passadas e falaram sobre as partes da palestra que mais gostaram.

**Figura 22** – *Print* do 7º momento de aplicação do projeto.



**Fonte:** A autora, 2020.

### 5.3.1.7 Momento 08 – Aula síncrona destinada à aplicação da Atividade Experimental Problematizada.

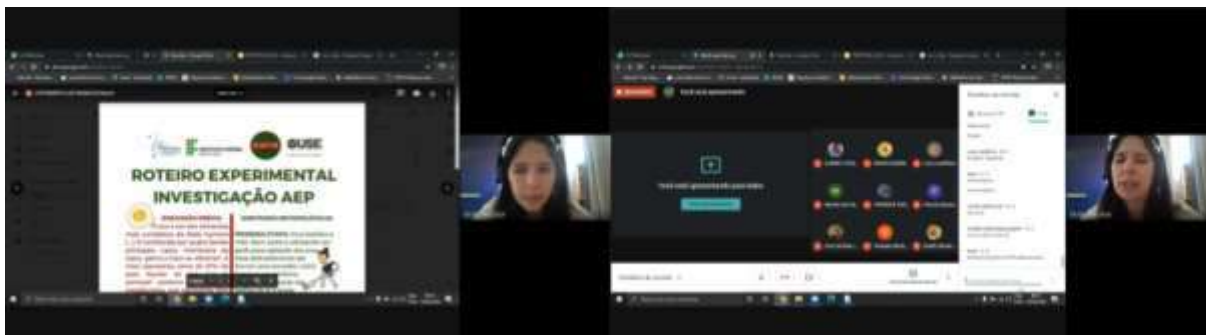
Na manhã do dia 26 de agosto de 2020, os discentes puderam trabalhar a experimentação no formato AEP, durante 3 aulas, disponibilizadas pela escola para

que fosse possível todo o acompanhamento do experimento, execução e discussões advindas da prática. Apenas os discentes A9 e A20 não participaram das aulas.

A aula foi iniciada com um apanhado de conteúdo que vinha sendo estudado pelos alunos, sendo retomados pontos principais do seminário *online* em vídeo *Webinar* e dos conceitos sobre interação intermolecular e proteína. Chegou-se, então, na proposição do problema da AEP: *“É possível compreender conceitos da nanotecnologia e de interação intermolecular ao preparar uma omelete?”*

Os discentes receberam previamente um roteiro experimental (APÊNDICE XIV) que tinha por objetivo direcionar a experimentação, por meio de um roteiro semiestruturado. Para aqueles que quisessem ler mais sobre os ovos e sobre a experimentação, o texto em formato PDF (APÊNDICE XV) estava mais completo. Como todos os discentes estavam distantes, cada um reproduziu uma parte do roteiro, sem relação com o grupo de trabalho (Figura 23).

**Figura 23** – *Print* do 8º momento de aplicação do projeto.



**Fonte:** A autora, 2020.

Foi dito aos alunos, que um dos objetivos seria avaliar o tamanho das gotículas de ar presentes na emulsão, essa propriedade está relacionada à nanotecnologia. Fazendo-os pensar em alguns conceitos, como: *“Se eu mudar a velocidade da agitação, eu consigo diminuir o tamanho daquela gotícula, ou ainda, o tamanho das partículas presentes?”* Os discentes concordaram, previamente, com certa desconfiança.

E as explicações e questionamentos continuaram - *“Quem já fez clara em neve?”* - O aluno A10 respondeu que faz na batedeira, tranquilamente. E o A5 disse que faz na mão, e cansa demais. - *“Qual das opções vocês acham que vai ter mais estabilidade?”* / Todos responderam que na batedeira ficará mais estável, mais firme. / *“O que é diferente de uma clara em neve batida na mão de uma outra batida na batedeira?”* /

Respostas como: *“Na batedeira vai ficar bem misturado!”* *“Na batedeira vai ser mais rápido. Porque se você bater na mão vai demorar muito, e a velocidade na batedeira é maior também.”* / *“Como é possível uma clara transparente líquida, somente com a agitação, ela passa a ser branca e densa?”* / Nesse momento as respostas divagaram um pouco *“Ah tia, foi o que você explicou agorinha.”*, *“Agitação!”*.

A primeira parte do experimento foi iniciado através do preparo da omelete manualmente ou usando um mixer. O preparo da omelete via mixer foi realizado na casa de um dos alunos, e a omelete batida à mão foi preparada por oito alunos, simultaneamente. Todos os alunos foram alertados sobre o tempo de preparo, sendo cronometrado 60 segundos para a agitação, a fim de que todos agitassem durante o mesmo tempo. A Foto 11 retrata essa experimentação.

**Foto 11** – Experimentação realizada pelos discentes, alternando entre a agitação manual e no mixer.



**Fonte:** A autora, 2020.

Então A13, que nunca havia preparado uma omelete, disse: *“Vai óleo ou não?”* E, aproveitando a pergunta, outra surgiu: *“Vocês concordam que o óleo pode modificar algumas coisas na omelete?”* E houveram respostas, como: *“Vai fritar!”* *“Vai ficar ruim.”* Então a pergunta foi reformulada: *“Se o ovo é praticamente composto por água, que é polar, entrar em contato com o óleo, que é apolar, nós temos uma situação de*



*incompatibilidade? ” E eles responderam: “Vai pular, a omelete! ” “Água não interage com óleo. ” “Por isso que não gruda na panela! ”.*

Foi bastante interessante o fato de que muitos alunos nunca tinham feito uma omelete, muito menos prestado atenção nas interações existentes naquele processo. Alguns ainda por cima não gostam de ovo, prepararam a omelete e deram aos pais para degustarem o alimento.

Os discentes foram se organizando para fazer a experimentação de diferentes formas, alguns usaram o ovo inteiro (gema e clara), outros usaram apenas a clara, e foram tirando suas conclusões acerca da agitação (Foto 12). Durante a experimentação, os alunos também discutiram sobre a gema possuir mais gordura em sua composição enquanto a clara tem a maior parte de proteínas, em especial a albumina.

**Foto 12** – Omelete preparada sem gema pelos discentes, com a clara obtida por agitação no mixer/batedeira.



**Fonte:** A autora, 2020.

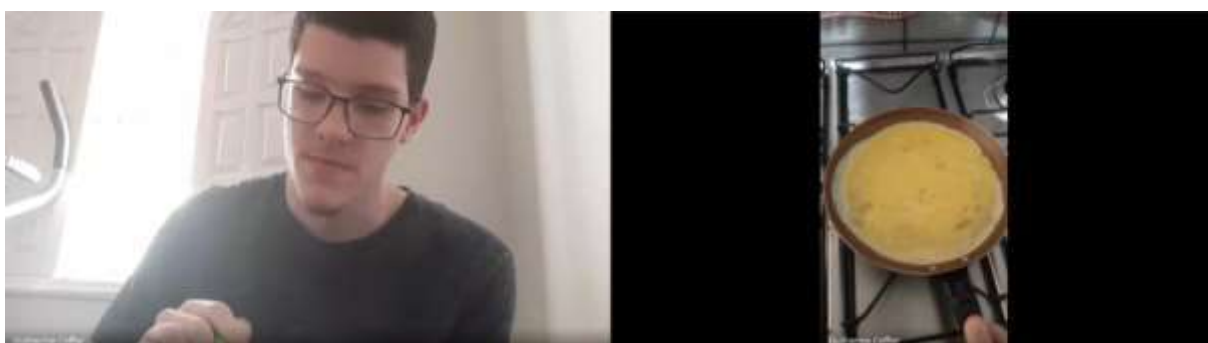
Foi indagado pela docente: *“Enquanto vocês agitam, o que estão observando?”*. E os alunos responderam: *“Está mudando de cor...”*. E começaram a preparar o alimento, aquecendo as frigideiras e contabilizando o mesmo tempo de preparo para a omelete. Depois de pronta, a omelete com agitação manual ficou reservada e eles começaram a fazer a omelete com o mixer. Foi instruído que eles batessem muito no mixer, a fim de desnaturar tanto a proteína que fosse possível até mesmo quebrá-las. Aproximadamente usou-se o tempo de 300 segundos de agitação no mixer.

O A10, com o auxílio do mixer, agitou as claras e preparou como se fosse uma omelete. Então todos os discentes observaram a omelete pronta e concluíram que no início ela estava bem “fofinha”, mas após esfriar já não estava tão macia, ficando com uma textura rígida. - *“Ela está murchando porque está esfriando.”*. Foi questionado o

que os alunos achavam que tinha acontecido para que a omelete ficasse com o aspecto fofo, e o A14 disse: *“Foi a agitação, ela criou bolha no meio.”*. O mesmo aluno emendou: “porque ficou rígido depois de preparado?” e os discentes lembraram que o ar foi colocado dentro dessa emulsão. Quando o ar é aquecido sofre expansão, mas quando é resfriado, ele volta ao estado normal ou até mesmo, escapa pelos poros, fazendo com que a omelete fique dura.

Foi observado também pelos estudantes que a omelete mais aerada foi a preparada com o mixer, em relação a agitação manual. Mas que depois de preparadas, a omelete com agitação manual foi caracterizada por apresentar maiores poros, conferindo assim uma textura mais leve e saborosa. Já a omelete preparada pelo mixer, como apresentava muitas bolhas de tamanho pequeno, acabou sendo caracterizada pela presença de poros menores, fazendo com que a omelete ficasse mais rígida e menos saborosa. Observa-se na Foto 13 um dos alunos comendo a própria omelete.

**Foto 13** – Aluno comendo sua omelete, após a experimentação, preparada sob agitação manual.



**Fonte:** A autora, 2020.

Foi concedida uma pausa na experimentação para retomar alguns conceitos sobre proteínas e desnaturação. Os discentes sentiram dificuldades em entender que quando a proteína apenas desenovela, ela ainda continua com a sequência primária de aminoácidos, interagindo um pouco com as outras proteínas. Mas quando as proteínas são quebradas, essas sequências diminuem, e estando em menores números, os aminoácidos poderiam interagir mais ainda entre os outros fragmentos proteicos, expondo seus grupamentos hidroxila, fato que aumenta a interação dipolo-dipolo entre os fragmentos proteicos.



Em outro experimento, um dos alunos observou atentamente que, ao temperar a omelete com sal, algumas bolhas “estouraram”, e então foi comentado pela docente sobre a polaridade do cloreto de sódio, o sal de cozinha, onde possivelmente o sal reduz a tensão interfacial entre proteínas e as gotículas de ar, favorecendo o escape do ar a atmosfera.

Num outro momento da experimentação, o aluno A10 preparou uma omelete com maior quantidade de gema, ou seja, maior quantidade de lipídio (gordura) estava presente naquele sistema. Como a gordura é apolar, os lipídios competem com as moléculas de proteínas pela interação com as moléculas do ar, reduzindo o aprisionamento das gotículas de ar no sistema. Depois de preparada, pode-se comprovar que a omelete ficou mais rígida e com praticamente nenhuma bolha aprisionada.

Testou-se também a capacidade de gelificação das proteínas, ou seja, tornar-se uma espécie de gel quando colocada em água. Após 60 segundos de agitação da clara em um mixer, foi colocada uma colher dessa emulsão dentro de um copo com água. Algumas observações foram feitas por parte dos alunos, por exemplo, que a emulsão das claras é menos densa do que a água. Foi observado também a presença de bolhas de ar durante o contato da clara com água, e ao tentar miscibilizar a mesma, algumas proteínas se solubilizaram na água, mas a maior parte delas permaneceram na emulsão (Foto 14).

**Foto 14** – Demonstração da capacidade de gelificação das claras batidas em neve, ao entrar em contato com a água.



Fonte: A autora, 2020.

Concluiu-se, assim, as aulas experimentais e a aplicação da Atividade Experimental Problematizada (AEP). Posteriormente, aplicou-se um questionário (APÊNDICE X) a

respeito dos experimentos executados, sendo os resultados discutidos nos próximos itens.

5.3.1.8 Momento 09 – Última ação do projeto contendo a confecção de produtos que demonstrassem a aprendizagem sobre os temas trabalhados.

Como uma das últimas ações do projeto, os discentes tiveram que produzir um material para explicar e demonstrar o que entenderam sobre a experimentação e, também, sobre a parte teórica envolvendo conceitos e propriedades sobre a nanotecnologia. Os discentes produziram resumos em texto nos formatos PDF e Word, vídeos, *padlet*, mapa mental, música, tudo que eles conseguiram produzir para demonstrar seu conhecimento adquirido (ANEXO V).

Na última aula destinada ao projeto, no dia 27 de agosto de 2020, foi enviado o questionário *à posteriori*, sendo o último questionário do projeto para que todos os discentes respondessem (APÊNDICE XI). O aluno A20 não respondeu em razão de excesso de trabalho, fato que o fez perder o foco no projeto. Infelizmente, o aluno se desculpou e não participou mais desses últimos momentos. O aluno A6 demonstrou pouquíssimo interesse em participar durante toda a execução do projeto, fato justificado pelo estudante por não estar se dedicando à disciplina de química e a algumas outras, por acreditar que para seguir com seus estudos na faculdade não necessitaria dessas disciplinas. Tal insatisfação está demonstrada em suas respostas ao longo dos formulários, que serão analisados a partir de agora.

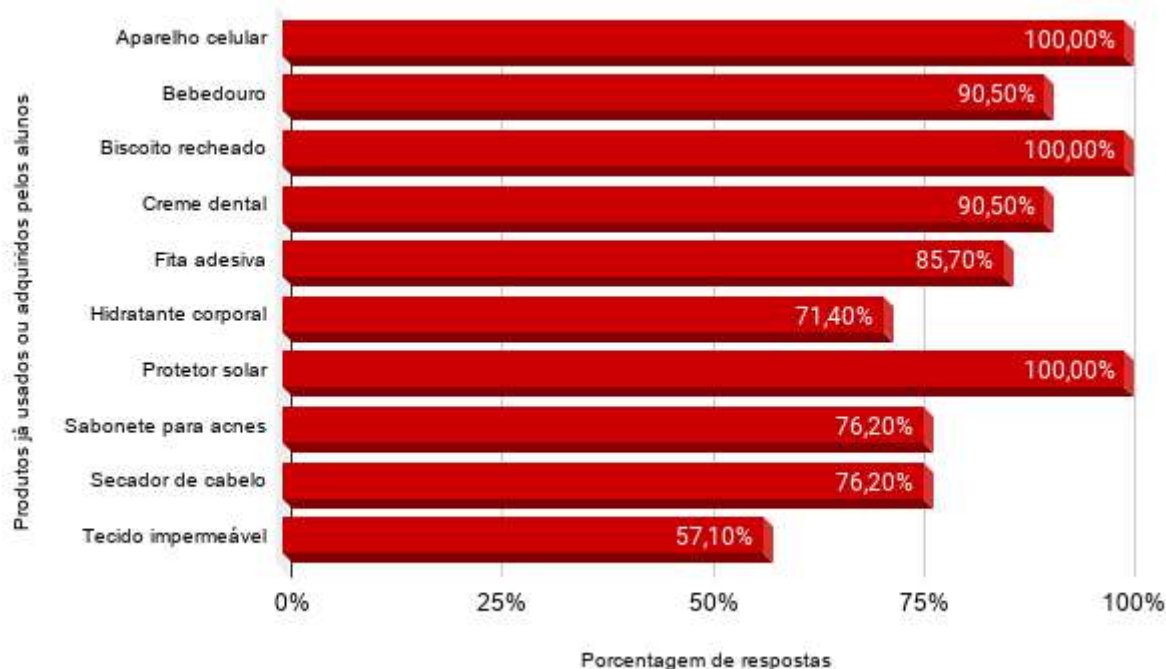
### **5.3.2 Análise dos questionários**

#### 5.3.2.1 Questionário Inicial

O QI aplicado aos discentes da 3ª série do Centro de Ensino Ouse foi aplicado no dia 11 de agosto de 2020 para diagnose do conhecimento prévio dos alunos sobre o tema Nanotecnologia, sendo que todos os discentes responderam.

A primeira pergunta está relacionada com a utilização, por parte dos discentes, de produtos que se encontram no mercado e que, possivelmente, está no cotidiano dos mesmos. Eles tiveram que escolher quais produtos já usaram ou adquiriram. O gráfico 1 retrata a porcentagem das respostas dos alunos à pergunta 1 do QI.

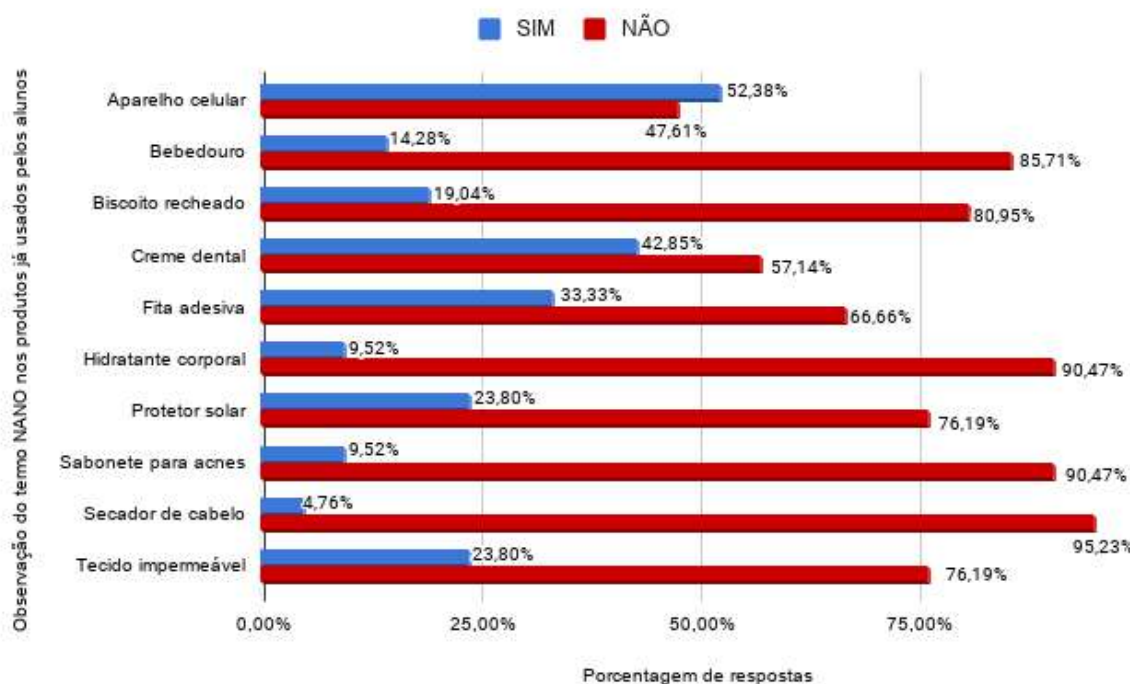
**Gráfico 1** – Pergunta 1 do QI: " Marque qual ou quais produtos listados abaixo você já usou ou adquiriu."



**Fonte:** A autora, 2020.

Dentre as respostas da pergunta 1, a unanimidade de utilização está no aparelho celular, biscoito recheado e protetor solar. Seguido da utilização do bebedouro, creme dental e fita adesiva. Obtiveram um percentual significativo o sabonete para acnes e o secador de cabelo, seguidos do hidratante corporal, com 71,4%. Por último encontra-se o tecido impermeável, com somente 12 respostas das 21 possíveis. Esses produtos foram escolhidos devido ao fato de algumas marcas produzirem os mesmos a partir da utilização da nanotecnologia. E, para tomar conhecimento sobre o que o estudante sabe ou não sobre esse ramo da ciência, foi questionado a eles se, em algum momento, já haviam observado a existência do termo NANO em alguns desses produtos (Gráfico 2).

**Gráfico 2** – Pergunta 2 do QI: "Você já observou que no rótulo dos produtos que você listou aparece o termo NANO?"



Fonte: A autora, 2020.

O aparelho celular ganhou destaque com 11 respostas afirmativas. Isso deve-se ao fato do nanochip ser muito difundido pelo comércio desses aparelhos. A segunda resposta com mais afirmativas, 9 de 21, foi a do creme dental, seguida da fita adesiva com 7 respostas. Apenas 1 aluno marcou sim para a percepção do prefixo NANO no secador de cabelo. A maioria dos discentes (76,66%) não perceberam esse termo nos produtos utilizados.

Na pergunta 3 foi questionado se eles sabiam o que significava o prefixo NANO no rótulo dos produtos listados anteriormente. 61,9% dos discentes disseram que não e 38,1% disseram conhecer o significado desse prefixo. Então, na pergunta 4, foi pedido para que dissessem o que entendiam pelo termo nano, caso marcassem sim na pergunta anterior. Das respostas recebidas na pergunta 4, 62,5% dos estudantes relacionaram ao tamanho diminuto do material e 37,5% relacionaram a medidas de escala (Quadro 4).

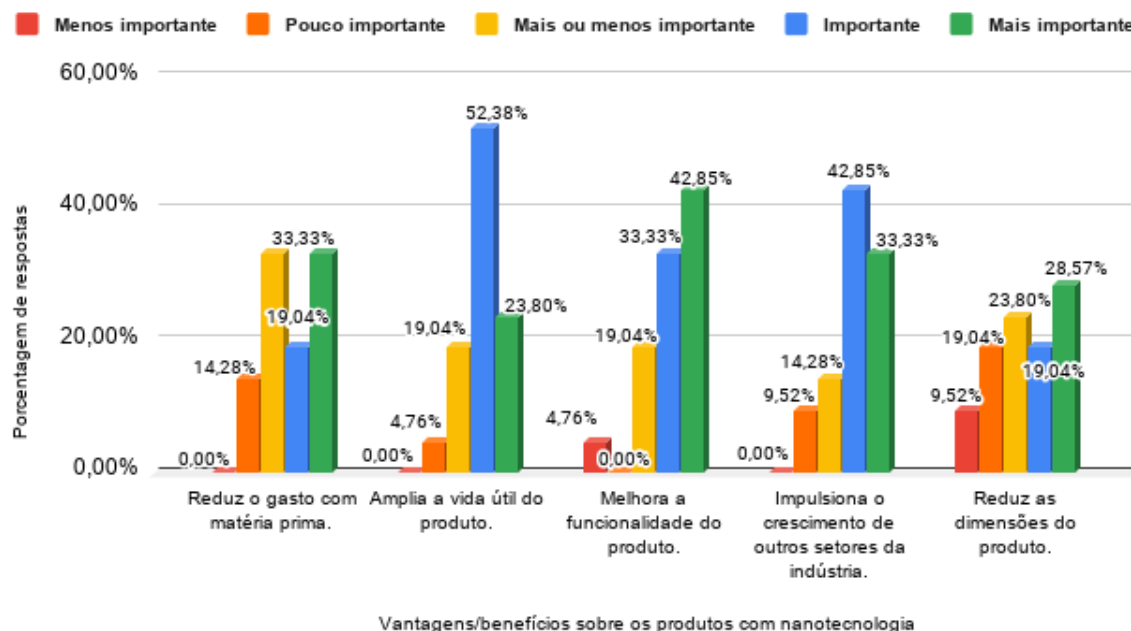
**Quadro 4** – Pergunta 4 do QI: "Caso tenha marcado sim na resposta anterior, o que você entende pelo termo NANO?"

Aluno	<i>4 - Caso tenha marcado sim, o que você entende pelo termo NANO?</i>
A10	<i>"Muito pequeno."</i>
A7	<i>"Muito pequeno."</i>
A2	<i>"Uma coisa ou objeto bem pequeno."</i>
A20	<i>"Algo que esteja na escala nanométrica."</i>
A18	<i>"Minúsculo."</i>
A16	<i>"Prefixo de medida de comprimento."</i>
A9	<i>"Acho que seja algo pequeno. Exemplo.: Nano chip, eh um chip menor que os outros chips."</i>
A3	<i>"É algo eleva a nona potência negativo eu acho EX: <math>10^{-9}</math>"</i>

**Fonte:** A autora, 2020.

Já a pergunta 5 trabalhou a escala *Likert*, que dizia: "Numa escala de 1 a 5, onde 5 é o mais importante e 1, o menos importante. Para você, quais as vantagens/benefícios que os produtos adquirem ao possuírem a tecnologia NANO em relação ao seu similar sem o uso da nanotecnologia?" O Gráfico 3 abaixo mostra o percentual alunos que marcaram cada uma das opções.

**Gráfico 3** – Pergunta 5 do QI: "Para você, quais as vantagens/benefícios que os produtos adquirem ao possuírem a tecnologia NANO em relação ao seu similar sem o uso da nanotecnologia?"

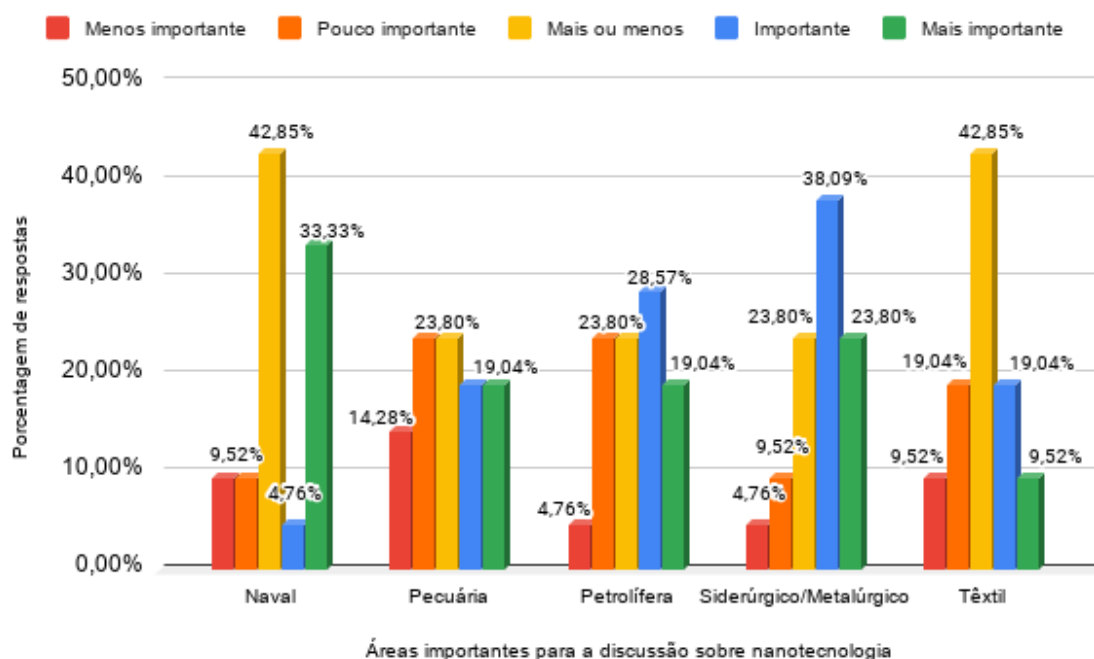


**Fonte:** A autora, 2020.

A opção de maior destaque foi a importância 4 para a ampliação da vida útil do produto, com 11 respostas (52,38%). A maior pontuação para a importância 5 foi na opção de melhoria da funcionalidade do produto, com 9 respostas (42,85%). Grande parte dos estudantes (85,7%) desconsideraram a coluna 1 para todas as opções, demonstrando compreender que há importância dentre aqueles tópicos para a nanotecnologia.

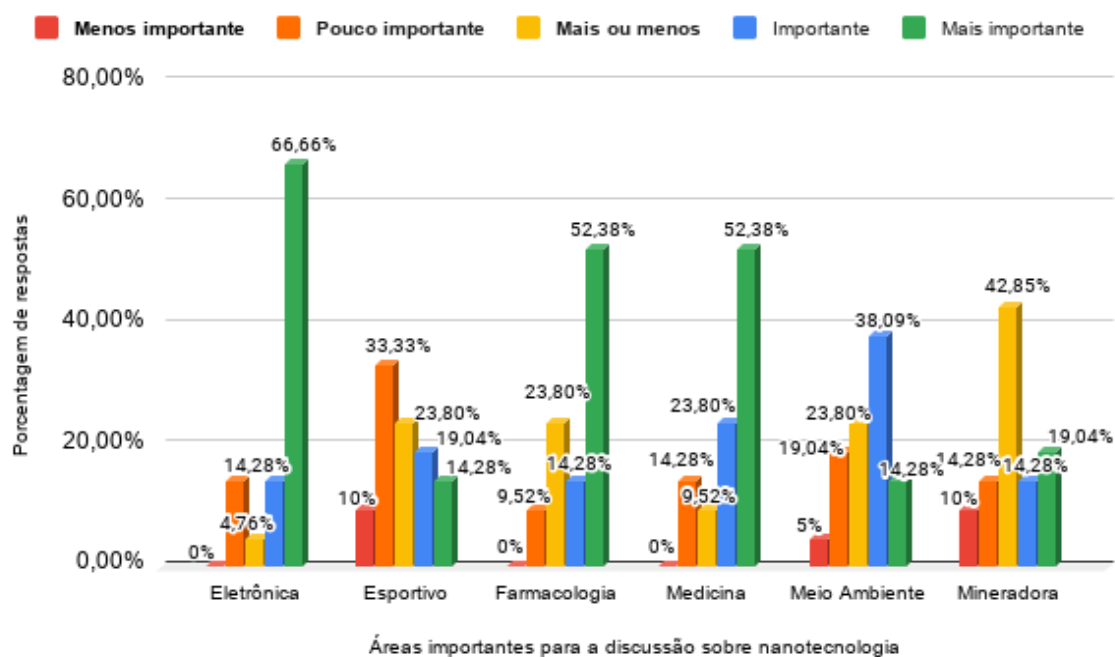
Ainda numa escala de importância, onde 1 seria o menos importante e 5 o mais importante, a pergunta 6 elencou várias áreas - "Das áreas listadas abaixo, a partir do seu ponto de vista, em qual ou em quais delas você julga ser importante a discussão sobre nanotecnologia?" - E para facilitar a visualização das respostas foram divididas em 3 Gráficos A, B e C (Gráficos 4 – 6).

**Gráfico 4 – Pergunta 6 do QI: A – importância de discutir nanotecnologia nas áreas citadas.**



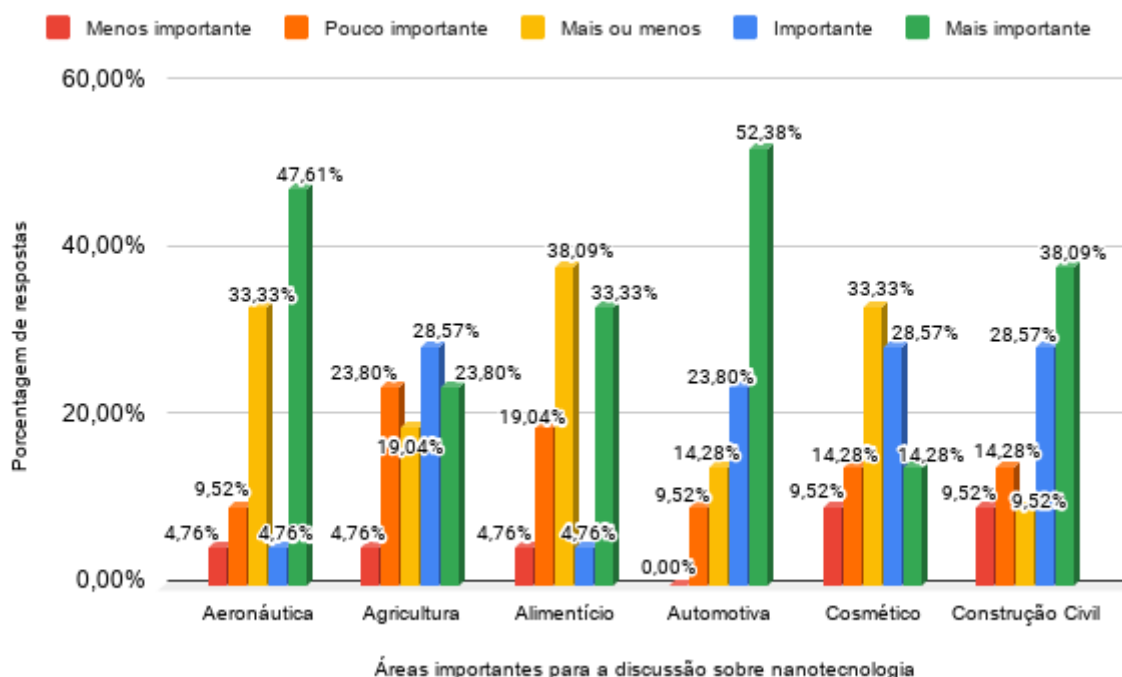
Fonte: A autora, 2020.

**Gráfico 5 – Pergunta 6 do QI: B – importância de discutir nanotecnologia nas áreas citadas.**



Fonte: A autora, 2020.

**Gráfico 6** – Pergunta 6 do QI: C – importância de discutir nanotecnologia nas áreas citadas.



**Fonte:** A autora, 2020.

As áreas que obtiveram maior pontuação na escala 5 de importância foram: eletrônica (14), automotiva, farmacologia e medicina (11), aeronáutica (10). Acredita-se que a área da eletrônica obteve maior pontuação devido ao conhecimento prévia dos nanochips, capazes de melhorar a eficiência do processamento em menor escala, sendo este a principal área de conhecimento por parte dos discentes.

A pergunta 7 estava ligada à pergunta anterior, já que, para as notas 5, eles deveriam responder porque acreditavam ser a melhor área para estudo (Quadro 5).

**Quadro 5** – Pergunta 7 do QI: "Para a(s) resposta(s) que teve/tiveram a nota 5 atribuída, por que você acredita que essa seja a melhor área para o estudo e aprofundamento da NANOTEKNOLOGIA?"

Aluno	7 - Para a(s) resposta(s) que teve/tiveram a nota 5 atribuída, por que você acredita que essa seja a melhor área para o estudo e aprofundamento da NANOTEKNOLOGIA?
A15	<i>"pois esse estudo é muito importante em nossa geração, muita coisa já foi</i>



	<i>inventada com isso, e muitas coisas podem ser inventadas.”</i>
A19	<i>“Por causa dos seus produtos.”</i>
A4	<i>“Porque são áreas mais ligadas a inovações tecnológicas e são áreas mais utilizadas, logo, a utilização da nanotecnologia seria mais bem usada.”</i>
A17	<i>“Por que são as que se enquadram melhor no contexto de nanotecnologia.”</i>
A7	<i>“Porque é o estudo que trabalha em escalas nanométrica, que são as dimensões de átomos e moléculas, e acho que esses são os que mais usam.”</i>
A1	<i>“Farmacologia.”</i>
A13	<i>“sim, pois acredito nisso.”</i>
A12	<i>“pois são lugares que se utiliza mais máquinas e tecnologia em si, e a nanotecnologia ajuda nessas dimensões.”</i>
A10	<i>“pois com a evolução desses produtos poderiam ser encontrados novas formas de viver sem prejudicar muito a natureza.”</i>
A2	<i>“medicina, pois é sempre bom evoluir os estudos sobre a saúde.”</i>
A20	<i>“Sim. mas, principalmente, eletrônica.”</i>
A18	<i>“Avanço científico.”</i>
A16	<i>“Pois são áreas nas quais essa tecnologia pode agregar novas ferramentas que se fazem extremamente necessárias.”</i>
A6	<i>“Pelo fato de possibilitar a criação de um produto de forma mais "enxuta".”</i>
A10	<i>“A nanotecnologia permitiu avanços que no passado eram inimagináveis, remédios com efeitos colaterais menores, vidros autolimpantes, roupas impermeáveis, cosméticos inteligentes. Entrega mais efetiva de medicamentos. Despoluição de águas, etc...”</i>
A9	<i>“Pois é uma coisa muito utilizada no dia a dia, e com esse sistema ficaria melhor (eu acho)”</i>
A3	<i>“Pois através dela daria para medir a eficiência de algo. Ex: nos esportes quando falamos de qualidade e eficiência, além de ajudar a controlar a como está a saúde do atleta no momento em que ele pratica seu esporte.”</i>
A5	<i>“Provavelmente por estarem ligadas diretamente com nossas vidas, tanto na alimentação quanto em estruturas e medicamentos.”</i>
A14	<i>“Aprimoramento e facilidade tanto no material construído quando a utilização ou manuseamento do produto.”</i>

Fonte: A autora, 2020.

Todas as respostas indicaram pontos positivos na utilização da nanotecnologia, cada uma com o foco em uma das áreas mais votadas na questão anterior. O nível das respostas indica que parte dos estudantes têm uma noção da utilização da nanociência, mesmo que algumas respostas sejam mais flutuantes, os alunos relacionaram diretamente ao conceito de tecnologia, visando as áreas que julgaram ser de grande importância para a evolução dessa ciência.

### 5.3.2.2 Questionário após a aplicação da metodologia *Jigsaw Classroom*.

Questionário aplicado aos discentes da 3ª série do Centro de Ensino Ouse, para a diagnose do conhecimento adquirido pelos discentes após a utilização do Método *Jigsaw*. O questionário foi aplicado no dia 18 de agosto de 2020 sendo que 20 discentes participaram. Salienta-se que a partir do questionário o discente A20 não mais participou do projeto.

Um ponto interessante nessa aplicação é que os discentes tiveram dificuldades em responder qual foi o seu grupo de trabalho e acabaram por descaracterizar a ideia inicial do questionário. Isso porque, como eram perguntas de opinião, do método aplicado para esse primeiro momento do projeto, e os discentes estavam divididos em grupo, seria interessante analisar as respostas por grupo de trabalho, visando manter a coerência entre as respostas.

Diante deste impasse, as respostas foram analisadas em sua totalidade, não distinguindo os grupos de trabalho. Lista-se abaixo (Quadro 6) as respostas para a pergunta dos pontos positivos na aplicação da metodologia *Jigsaw Classroom*.

**Quadro 6** – “Pontos positivos relatados pelos alunos sobre o *Jigsaw Classroom*.”

“Conhecimento/ dar um tempo do padrão de ensino/ assunto interessantíssimo.”
“Cria responsabilidade / Trabalho em grupo / Desenvolvimento de atividades extras”
“compreender melhor sobre o conteúdo, estudar um novo assunto, compartilhar opinião e o ponto sobre o método com os colegas”
“-Conhecimento adquirido sobre algo novo -Debate com os amigos sobre um tema -Interesse em uma nova área”
“Dividir tarefas, trabalho em grupo e compartilhamento dos aprendizados”

<i>“a página que tinha as 5 atividades / não tenho outros / achei maneiro”</i>
<i>“1- ideia muito criativa 2- um conhecimento que a gente tem”</i>
<i>“- Interativo- Por ser em grupo e subgrupos - Dinâmico- Uma dinâmica, trabalho - Não foi extenso e complicado”</i>
<i>“Apresentou coisas interessantes, utilidades q nem conhecia e q eh algo muito recente q já eh usado”</i>
<i>“-A forma de estudar foi bem criativa. - Deu para absorver o conteúdo facilmente. - A nanotecnologia é muito interessante em estudar.”</i>
<i>“Tive conhecimento sobre o assunto, uma interação com os especialistas e tive uma percepção mais ampla sobre nanotecnologia.”</i>
<i>“Trabalho em grupo, o material estava incrível e a aula que fizemos só sobre esse assunto.”</i>
<i>“Bem organizado; Bem interativo; Facilita a compreensão do assunto.”</i>
<i>“Experiência. Tempo de estudo. Trabalho em equipe.”</i>
<i>“estimula atitudes de estudantes e professores para a promoção do aprendizado; a atividade proporcionou um ambiente cooperativo; gerou esforços para compreender e solucionar problemas.”</i>
<i>“1-dinâmico 2- fácil acesso 3- divertido 4- fica lindo”</i>
<i>“Divisão de trabalho, cooperação e comunicação”</i>
<i>“Cooperação, união e confiança”</i>
<i>“Novos conhecimentos Trabalho em grupo Tema incrível”</i>
<i>“Entender o que realmente é a nanotecnologia; aprender mais é uma forma diferente de aprender.”</i>

**Fonte:** A autora, 2020.

As respostas foram muito positivas, indicando principalmente os objetivos do *Jigsaw* que é cooperação para desenvolver conceitos novos para todos, na busca da construção do novo conhecimento. É possível afirmar que a metodologia de ensino

utilizada contribuiu para a aprendizagem por ter sido observado o comprometimento dos discentes frente às participações em aula. Souberam questionar adequadamente, responder quando solicitados e, conseqüentemente, responderam muito bem aos pontos positivos.

Entretanto, como devemos sempre procurar melhorar e, acreditando que todo ponto positivo tem seu ponto negativo, também questionamos sobre eles. Sendo assim, o Quadro 7 abaixo lista as respostas para a pergunta dos pontos negativos na aplicação da metodologia *Jigsaw Classroom*.

**Quadro 7 – “Pontos negativos relatados pelos alunos sobre o Jigsaw Classroom.”**

<i>“não teve”</i>
<i>“-Nem todos participaram/ajudaram -Ainda é um tema que não pode ser feito em práticas -Acabou :( ”</i>
<i>“Com o ead torna um pouco difícil o contato direto com o professor e o grupo para dialogar, apenas.”</i>
<i>“Não tem”</i>
<i>“Para mim foi só falta de tempo de resto tá de boa.”</i>
<i>“Para mim foi perfeito, só dou a sugestão de que, se tiver como, encaixar uma descontração p/ o aluno, uma brincadeira sobre o assunto, tipo uma cruzadinha com palavras chave do texto, ou um resposta esse questionário (pode ser com perguntas que para você, as respostas sejam óbvias), ou um "Diga com três linhas (suponho) o que aprendeu até aqui. Sem pressão, é só uma ideia p/ o aluno ter uma fixação melhor ou não fazer de qualquer jeito, e é até bom, que assim, você teria um retorno individual.”</i>
<i>“Poderíamos ter aproveitado mais o assunto e só.”</i>
<i>“Exposição de ideias com grupos diferentes, medo da opinião ser irrelevante e falta de interesse dos especialistas em conhecer o conteúdo.”</i>
<i>“Na minha opinião, esse Jigsaw não teve nenhum ponto negativo, já que a forma que foi aplicada cada etapa e o desenvolvimento dela deu para aprender muita coisa sobre a nanotecnologia, e eu acho que qualquer pessoa que for seguir esse mesmo critério irá entender também. :)”</i>
<i>“1- tem pouco interação com o grupo de base. 2- só isso mesmo”</i>
<i>“apenas pelo celular é meio difícil a comunicação; infelizmente não tive muito tempo; e outro ponto negativo é que foi apenas um tema, queria outro trabalho com esse método :)”</i>
<i>“Referente ao trabalho, nenhum. Apenas pessoais.”</i>

<i>“Dificuldade inicialmente de compreender o assunto.”</i>
<i>“Não existe.”</i>
<i>“não tenho.”</i>
<i>“Ter que fazer coisas que não quer, ter que falar sobre assunto inicialmente que não se sabe e ter que aprender sobre algo que não enxerga a relevância de saber.”</i>
<i>“Leitura não tornou o leitor especialista, e a discussão, devido a isso, não foram muito agregadoras. Não sei outro.”</i>
<i>“Não percebi pontos negativos, talvez por ser em várias etapas possa confundir certas pessoas, mas não acho esse problema foi muito recorrente visto que o professor estava sempre presente nos grupos para dar o apoio necessário.”</i>
<i>“Por conta da pandemia ficou um pouco complicado a comunicação imediata, vamos assim dizer. E as complicações do pacote.”</i>

**Fonte:** A autora, 2020.

Novamente, houve pontos positivos mesmo ao ser questionado os pontos negativos, visto que a maioria dos discentes relataram não ter pontos negativos para indicar. Mas, os que indicaram comentaram a respeito do EAD (Ensino à distância), da comunicação entre os discentes e pediram, inclusive, ações mais individuais, em razão do momento atual. Mas, no geral, foram dicas construtivas e válidas.

A finalização deste momento se deu com a produção, por parte do grupo de trabalho, de um mural online no aplicativo *Padlet*. Então, listam-se (Quadro 8) as respostas para a pergunta sobre a utilização dessa ferramenta *online* como produto desta etapa de aprendizagem, ao final da aplicação da metodologia *Jigsaw Classroom*.

**Quadro 8** – Opinião dos alunos sobre a ferramenta *online Padlet*.

<i>“Atualizado, mais fácil de compreender sobre o conteúdo”</i>
<i>“Interessante, porém um pouco limitado.”</i>
<i>“Muito bom! Metodologia dinâmica.”</i>
<i>“Muito bom.”</i>
<i>“Legal.”</i>
<i>“Uma experiência nova, bem legal.”</i>
<i>“Uma ferramenta muito massa, que auxilia bastante dps de aprender a usar corretamente.”</i>

<i>“Método eficiente.”</i>
<i>“Uma boa opção para a aprendizagem sobre a Nanotecnologia de forma simples e fácil para qualquer pessoa que estiver interesse.”</i>
<i>“Legal.”</i>
<i>“Uma boa ideia, fica muito organizado e a divisão de conteúdo foi super balanceada.”</i>
<i>“Muito interessante, não conhecia a ferramenta.”</i>
<i>“O Padlet é uma ferramenta que permite às pessoas expressarem seus pensamentos e opiniões sobre temas elaborados para discussão em grupo facilitando assim, a aprendizagem.”</i>
<i>“Muito interessante e útil.”</i>
<i>“Super divertido, é uma plataforma super fácil de ser usada e pode montar o trabalho como desejar.”</i>
<i>“+/-”</i>
<i>“É bonitinho.”</i>
<i>“Foi importante a síntese do conteúdo em tópicos.”</i>
<i>“Nos incentivou a estudar mais e a conseqüentemente organizar nossas ideias sobre o assunto.”</i>
<i>“Fica bom se não tivesse muito conteúdo para colocar, pois mover os quadrinhos é a pior coisa, de resto adorei. Dá até para colocar emoji.”</i>

**Fonte:** A autora, 2020.

As respostas dos alunos (Quadro 8) indicam o sucesso da utilização dessa ferramenta de organização do conhecimento, promovendo a busca por novos meios de entrega de conteúdo, além de mostrar uma nova ferramenta considerando que ninguém havia utilizado antes. No final, os *Padlets* preparado pelos alunos ficaram excelentes e criativos.

Houve interesse em questionar outras dinâmicas para a abordagem desse tema e o Quadro 9 trouxe as respostas para essa pergunta 03, do questionário após aplicação da metodologia *Jigsaw*.

**Quadro 9** – “Que outra dinâmica/modelo de aula você sugere para abordar o conteúdo sobre Nanociência/Nanotecnologia?”

<i>“Não sei.”</i>
-------------------

<i>“Em vídeos e padlet.”</i>
<i>“Apresentação, como se fosse um TCC, para mais pessoas que conhecem a área, gerando um debate maior.”</i>
<i>“Montagem de slides e debates.”</i>
<i>“Esse foi a melhor possível.”</i>
<i>“Jogos, tipo "encontre", o encontre vai ser um jogo de cartaz, onde uma parte delas será uma foto ou palavra, e a outra parte vai ser as cartas com conceitos curtos, que dá p/ identificar sobre o que está se falando.”</i>
<i>“Ver no q é usado, tipo, vídeos de fabricação ou até explicando como é feito e utilizado os materiais”</i>
<i>“Experiência (utilizando os conteúdos).”</i>
<i>“Através de Mapas mentais ou em vídeo aula.”</i>
<i>“Na aula normal.”</i>
<i>“Um trabalho de prática e experiência.”</i>
<i>“Pode ser, também, em forma de mapas mentais.”</i>
<i>“Não sei, estou gostando dessa.”</i>
<i>“não sei tava maneiro.”</i>
<i>“Uma boa seria em um laboratório mostrando na prática o quê e para que serve.”</i>
<i>“Vídeos.”</i>
<i>“Não tenho nada em mente.”</i>
<i>“Se fosse aula presencial pediria para trazer coisas de casa que estivesse relacionado à nanotecnologia. Mas como estamos em quarentena esse método foi bem divertido. Ainda mais o material bem trabalhoso, mas muito bem apresentado.”</i>

**Fonte:** A autora, 2020.

As respostas foram bem variadas, mas, o que chamou mais a atenção foi o fato de alguns discentes solicitarem a realização de experimentação, metodologia que foi trabalhada adiante no projeto e que eles ainda não tinham conhecimento de que aconteceria no formato não presencial.

Por fim, foi importante também, questionar sobre a forma com que foi entregue o conteúdo do *Jigsaw* para os grupos. A pergunta 04 (Quadro 10), questionou sobre o texto no formato PDF enviado para nortear o grupo de base, no início da aplicação da metodologia *Jigsaw Classroom*.

**Quadro 10 – Opinião dos alunos sobre o texto no formato PDF.**

<i>“Muito bom.”</i>
<i>“Muito útil.”</i>
<i>“Muito bom, organizado, direcionou muito bem os alunos.”</i>
<i>“Super tecnológico e organizado.”</i>
<i>“muito bom.”</i>
<i>“Muito massa kkkk”</i>
<i>“Um máximo né, muito perfeito, bem legal mesmo. Achei irado aquilo de só clicar na imagem e abrir um conteúdo.”</i>
<i>“Bem massa.”</i>
<i>“Achei bem criativo e inovador. :)”</i>
<i>“Bem criativo.”</i>
<i>“Maravilhosa, assim como a professora que dava o suporte. Gostaria que os outros professores pegassem esse norte.”</i>
<i>“Visualmente agradável aos olhos; Praticidade; Facilidade em entender o conteúdo.”</i>
<i>“Muito bom. Material bem completo.”</i>
<i>“Incrível.”</i>
<i>“Bem tranquilo de entender, fácil de acessar e divertido.”</i>
<i>“Não achei muito atraente ao conteúdo, ou seja, a maneira como foram despejadas as informações não despertaram meu interesse pelo assunto :( Pelo menos na minha parte.”</i>
<i>“Muito interessante.”</i>
<i>“Ótimo! muito legal a ideia de links e conteúdo super atualizado”</i>
<i>“Muito bom.”</i>

**Fonte:** A autora, 2020.

Apenas um estudante não ficou satisfeito com o formato PDF, acreditava que deveria haver outra forma para despertar mais seu interesse. Contudo, todos os outros estudantes que responderam ao questionário, afirmaram ter gostado muito do texto em PDF, dos *links* contidos nele e do assunto abordado.



### 5.3.2.3 Questionário após a aplicação da Atividade Experimental Problematizada (AEP)

O questionário foi enviado no dia 12 de setembro de 2020 sendo que apenas 13 dos 21 alunos responderam aos questionamentos. Houve alunos que não participaram do experimento e alguns outros que optaram por não responder.

A primeira pergunta *“Você acredita que exista diferença entre a omelete batida a mão e a batida num Mixer?”* Poderia ser respondida com sim ou não, ambos justificados. Apenas dois discentes responderam que não. O A14 *“Não, pq parece a msm coisa, mas dps, não consigo mais ver uma omelete sem pensar em Nanotecnologia. Por que agora pensar que Nanotecnologia existe até no ovo apenas por quebrar a molécula de proteína é algo incrível.”* E o A18 *“Pois ambas estão misturadas.”*

Segue o Quadro 11 com as 11 respostas afirmativas.

**Quadro 11** – Pergunta 1 do Q-AEP: *“Você acredita que exista diferença entre a omelete batida a mão e a batida num Mixer?”*

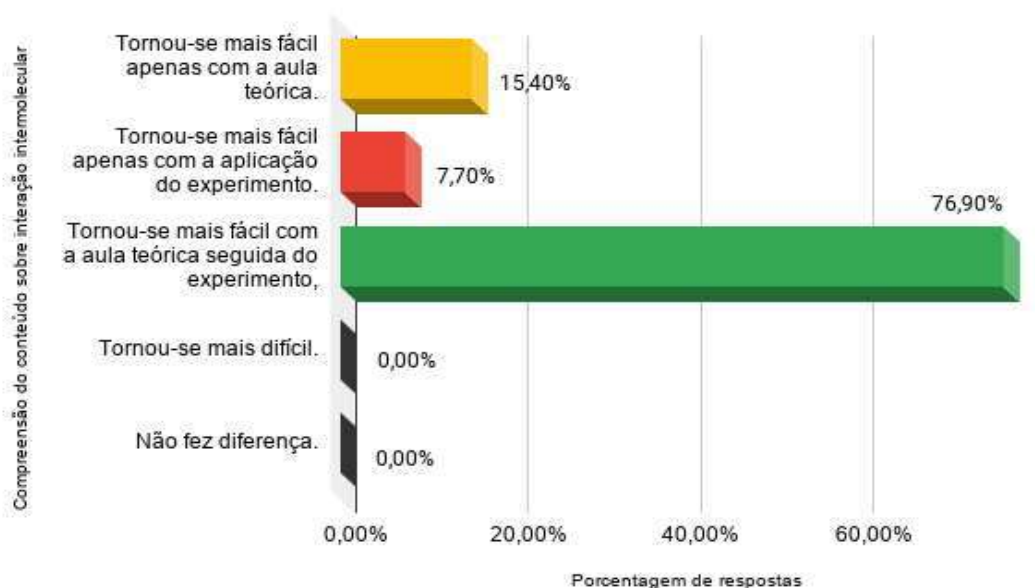
A2	<i>“Sim pois no mixer tem mais potência de rotação batendo bem mais.”</i>
A3	<i>“Sim. devido a suas bolhas serem menores.”</i>
A10	<i>“Sim, na hora de fritar o que é batido a mão fica maior e macio. Já batido no mixer fica duro e fino.”</i>
A19	<i>“Fica mais leve mais suave.”</i>
A16	<i>“A força faz diferença na quebra das forças intermoleculares, creio eu.”</i>
A21	<i>“Quando é batido a mão, o omelete fica com bolhas maiores, já no mixer, as bolhas ficam menores.”</i>
A5	<i>“Pois quando mais a omelete é batida, suas proteínas vão se destruindo e ficando cada vez menores. O sabor não muda, mas faz com que a omelete fique mais macia quando batida com mais potência.”</i>
A11	<i>“São intensidades diferentes.”</i>
A8	<i>“A presença de mais bolhas de ar.”</i>
A17	<i>“Por que o omelete batido no mixer possui mais quantidade de bolhas de ar, mas em pequenas proporções é um e mais macio que o outro.”</i>
A1	<i>“O que o mixer alcança é incomparável à mão, o q faz as proteínas do ovo serem quebradas em partículas bem pequenininhas.”</i>

Fonte: A autora, 2020.

Os discentes responderam, seguramente, a respeito das diferenças observadas ao longo da experimentação. A maioria dos alunos fez suas afirmações baseadas nas observações macroscópicas da omelete, bem como na diferença de rotação da omelete batida a mão para a batida no mixer. Os resultados sugerem que os alunos atingiram alguns dos objetivos propostos para a experimentação, como: Relacionar as diferentes formas de agitação com o tamanho das gotículas de ar; observar a influência do tamanho das gotículas de ar sobre propriedades macroscópicas do alimento - sabor e textura e preparar uma omelete sob diferentes situações.

A segunda pergunta tem o interesse de identificar a compreensão dos alunos de como a experimentação contribuiu no processo de ensino aprendizagem em relação ao conteúdo de interação intermolecular. 76,9% dos discentes que responderam ao questionário disseram que o experimento realizado, após as aulas teóricas, tornou a compreensão do conteúdo mais fácil. Já 15,4% dos estudantes alegaram que a aula teórica bastaria e 7,7% preferiram apenas a experimentação às aulas teóricas (Gráfico 7). Em ambas as opções marcadas, foi unânime a positividade das respostas dos alunos, seja em relação as aulas teóricas ou as aulas práticas, ou as duas, mas todas foram importantes para a construção do conhecimento.

**Gráfico 7** – Pergunta 2 do Q-AEP: "A compreensão do conteúdo sobre interação intermolecular:"



Fonte: A autora, 2020.

Na pergunta 3, os discentes ampliaram suas respostas se distanciando um pouco da experimentação (Quadro 12).

**Quadro 12** – Pergunta 3 do Q-AEP: “De que forma as interações intermoleculares são capazes de influenciar substâncias e misturas macroscopicamente?”

A18	<i>“Por meio das ligações entre as moléculas.”</i>
A2	<i>“Uma mistura e interação bem melhor.”</i>
A3	<i>“DE MAIS”</i>
A10	<i>“Textura e sabor.”</i>
A19	<i>“Não sei.”</i>
A16	<i>“Influenciam no estado físico.”</i>
A21	<i>“a mistura tem que acontecer de forma bem rápida para a moléculas se quebrarem e se interagirem entre si para gerar nano bolhas que geram sabor ao omelete.”</i>
A5	<i>“Altera a forma delas.”</i>
A11	<i>“As forças intermoleculares são forças de atração eletrostática que têm por função realizar a união de moléculas (compostos moleculares), mantendo-as no estado sólido ou líquido.”</i>
A17	<i>“Através das moléculas e suas propriedades e etc .”</i>
A14	<i>“Modificar sua estrutura, textura e sabor.”</i>

**Fonte:** A autora, 2020.

O objetivo que estava em questão nessa pergunta 3 era o de correlacionar conceitos nanotecnológicos associados ao conteúdo de interações intermoleculares. Infelizmente os discentes não conseguiram responder com muita propriedade, e houve equívocos nas respostas. Considerando a complexidade do assunto em nível macromolecular, entende-se a dificuldade dos alunos associarem as interações entre as moléculas no nível microscópico, podendo causar modificações macroscópicas nos materiais.

Na pergunta 4 (Quadro 13) a ideia era saber se a experimentação contribuiu com o conteúdo que estava sendo abordado.

**Quadro 13** – Pergunta 4 do Q-AEP: “Como o experimento AEP (Atividade Experimental Problematizada) te ajudou a compreender o conteúdo Nanociência/Nanotecnologia?”

A18	<i>“Visualização e demonstração.”</i>
A2	<i>“Vendo na prática, ajuda a entender bem melhor.”</i>
A3	<i>“Ajudou muito pois nós vimos como funciona a nanotecnologia.”</i>
A10	<i>“Eu gostei mais da palestra, mas foi um jeito divertido de entender que as moléculas podem ter níveis de desnaturação com a variação de força e/ou movimento.”</i>
A19	<i>“Muitas coisas.”</i>
A16	<i>“Não ajudou muito, sinceramente, desculpa.”</i>
A21	<i>“através do tamanho das nanobolhas que possuía no omelete, com intuito de mais sabor e sua dimensão.”</i>
A5	<i>“Pois entendi que quanto mais batida a omelete era, menor as proteínas ficavam, a ponto de ficarem quase em escala nanométrica.”</i>
A11	<i>“praticando fica mais fácil compreender as coisas.”</i>
A8	<i>“Podendo visualizar como ocorre.”</i>
A17	<i>“Ajudou a compreender até onde a nanotecnologia está presente.”</i>
A1	<i>“Me ajudou a ter uma noção aproximada do tamanho que tanto falamos.”</i>
A14	<i>“A interação entre moléculas.”</i>

**Fonte:** A autora, 2020.

A maioria dos discentes respondeu que a visualização dos fenômenos observados macroscopicamente, que foram compreendidos a partir de modificações microscópicas, foi um ponto muito positivo na experimentação. O fato da Atividade Experimental Problematizada ter como objetivo também a liberdade de observação por parte do aluno, possibilita um leque de opiniões acerca da experimentação, tornando a resposta da proposição do problema mais ampla e questionável. Apenas um discente alegou não ter gostado da experimentação, inclusive ele alertou sobre o tempo que foi necessário para a realização da experimentação, fato discutido na próxima pergunta do questionário.

A pergunta 5, por sua vez, questionava os pontos positivos e negativos em relação ao que o estudante vivenciou utilizando a AEP (Quadro 14 e 15).

**Quadro 14 – Pontos positivos relatados pelos alunos sobre a AEP.**

Aluno	Três pontos positivos
A18	<i>“Prático, eficiente e dinâmico.”</i>
A2	<i>“Fácil entendimento, diferente das aulas normais e um estudo mais feito com coisas do dia a dia.”</i>
A3	<i>“perdemos aula de kakau (Filosofia) e pude estudar mais para o trabalho; melhor compreensão sobre nanotecnologia; cumprimos com os objetivos do Padlet.”</i>
A10	<i>“É uma outra forma de aprendizado, com mais interação e comunicação.”</i>
A19	<i>“A facilidade.”</i>
A16	<i>“Abordagem palpável; Visualizar o conteúdo no cotidiano; Trabalho feito com todos alunos.”</i>
A21	<i>“- é mais fácil de entender o conteúdo depois da aula teórica. - qualquer um pode fazer esse experimento. - acaba tirando todas as suas dúvidas.”</i>
A5	<i>“Facilitou a compreensão; Algo mais dinâmico e descontraído.”</i>
A11	<i>“mais aprendizagem...”</i>
A8	<i>“Conhecimento de conteúdo geralmente não passado na escola e que está presente no dia a dia.”</i>
A17	<i>“Interação com turma, aula prática e maior aprendizado sobre o assunto.”</i>
A1	<i>“1- Mexemos com comida, então comemos. 2- Um momento bem divertido e diferente. 3- Aula prática.”</i>
A14	<i>“Modo de ver o mundo. Interação entre as coisas. Máquinas que nunca pensei que existissem.”</i>

**Fonte:** A autora, 2020.

A maioria dos discentes indicou como pontos positivos, a capacidade da AEP permitir um trabalho mais prático, eficiente, promovendo interação de toda a turma e facilitando a compreensão dos conceitos abordados.

**Quadro 15** – Pontos negativos relatados pelos alunos sobre a AEP.

Aluno	Três pontos negativos
A19	“Não tem.”
A18	“Alimento indesejado, horário e ausência de alunos.”
A2	“Muito longo.”
A3	“Gastou todos os ovos da minha casa. Nenhum mais.”
A10	“Gastou muito ovo. Seria legal na próxima vez fazer com os tipos de macarrão também.”
A16	“Não facilitar muito o estudo do conteúdo. Muito esforço (para muita desnecessidade).”
A21	“- você precisa da aula teórica para depois fazer o experimento. - precisa de ter uma habilidade adequada para cozinhar. - experimento que gasta alimentos comestíveis.”
A5	“Tomou um certo tempo.”
A11	“nenhum.”
A17	“Nenhum.”
A1	“1- Não tem. 2- Mesmo q o primeiro. 3- Leia o segundo.”
A14	“Não sei.”
A8	“Não tem.”

Fonte: A autora, 2020.

Dentre os pontos negativos, além da maioria que disse não ter nenhum, o tempo foi um dos mais citados, já que utilizamos 3 aulas para toda a execução. É importante destacar que a ideia de utilizar um tempo maior, devia-se ao fato dos alunos terem mais liberdade de experimentação, afinal, eles não teriam naquela manhã nenhuma outra aula para se preocupar. Um outro ponto abordado foi sobre o número de ovos utilizados em casa e porque alguns alunos não gostavam do alimento, contudo, foram gastos em média 3 ovos por aluno. O único aluno que indicou a experimentação, como ponto negativo foi o A16, opinando que não seria necessário demandar tanto esforço e dedicação na experimentação, julgando não ter ajudado em nada no projeto. É

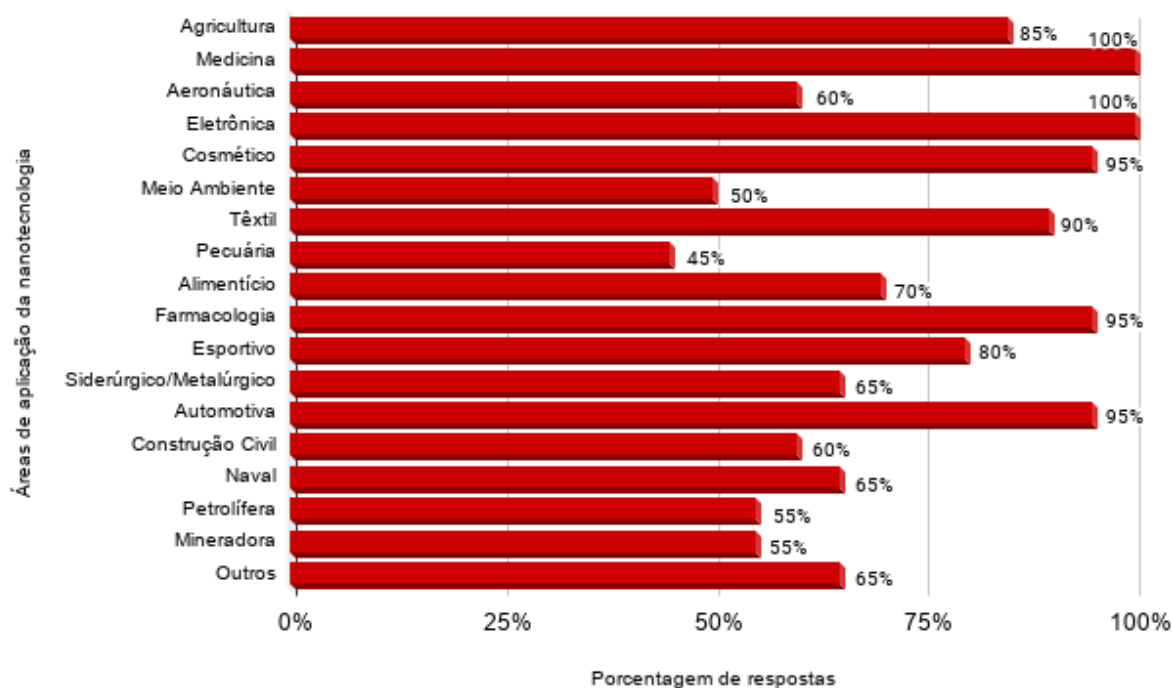
importante destacar que, em algumas tabelas, não temos o número máximo de respostas pois, alguns estudantes, deixaram em branco as perguntas.

#### 5.3.2.4 Questionário a *posteriori*

O questionário final foi aplicado aos discentes para a avaliação do conhecimento adquirido pelos discentes após o projeto sobre Nanociência e Nanotecnologia. Foi aplicado no dia 27 de agosto de 2020 e, novamente, 20 discentes responderam.

A pergunta 01 sugere uma correlação com a pergunta 06 do questionário a priori, pois existe um link entre as áreas que os alunos julgaram ser mais importantes para serem estudadas com as áreas em que a nanotecnologia realmente pode ser aplicada (Gráfico 8).

**Gráfico 8** – Pergunta 1 do QF: “Em que setores a nanotecnologia pode ser aplicada?”



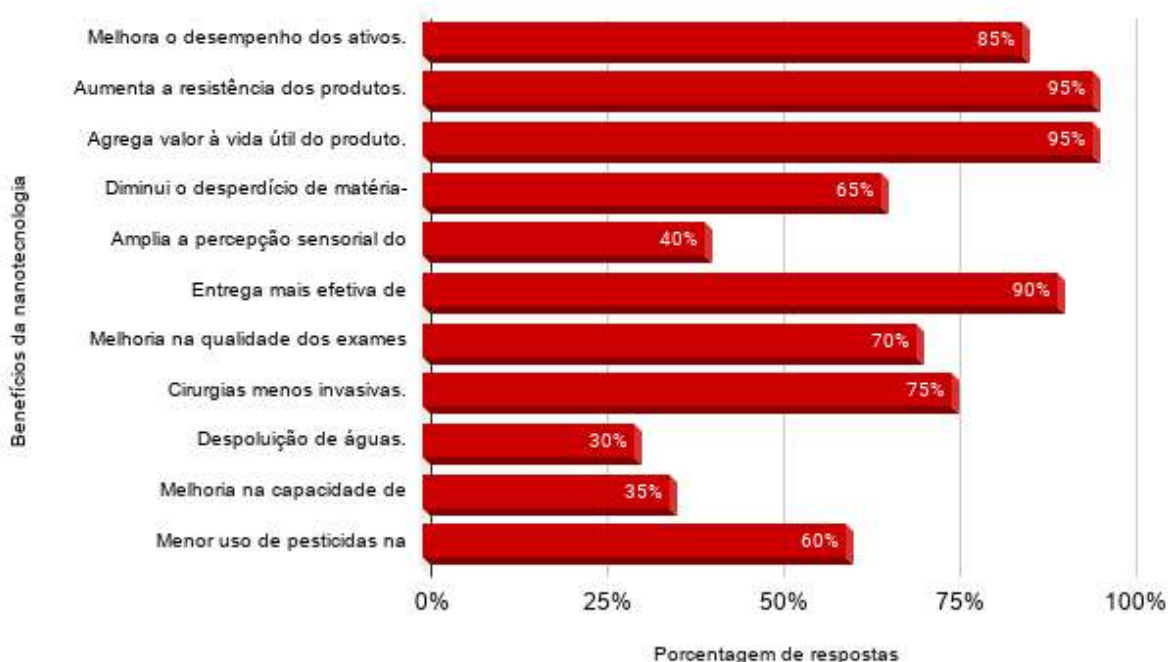
Fonte: A autora, 2020.

As áreas que foram escolhidas, unanimemente, foram a medicina e a eletrônica, seguida da área de cosméticos, farmacologia e automotiva, compreendendo as áreas em que 95% dos alunos escolheram. Todas essas áreas estavam no topo da votação,

no questionário a priori, sobre o grau de importância em que a nanotecnologia deveria ser usada.

A questão 2 (Gráfico 9) tem relação com a pergunta 5 do primeiro questionário aplicado e tem o objetivo de verificar se os alunos conseguem identificar quais são os benefícios da nanotecnologia nos segmentos destacados na pergunta 1.

**Gráfico 9** – Pergunta 2 do QF: "Percepção dos alunos em relação aos benefícios da nanotecnologia aplicada em alguns setores."



**Fonte:** A autora, 2020.

As opções em destaque foram aumentar a resistência dos produtos e agregar valor à vida útil do produto, com 95%, seguidos da entrega mais efetiva de medicamentos, com 90% e melhora no desempenho dos ativos (85%). Os menores percentuais ficaram para despoluição das águas, melhoria na capacidade de conversão do CO<sub>2</sub>, 30% e 35%, respectivamente. Acredita-se que esse baixo percentual se deve à especificidade da opção, não tendo sido contempladas efetivamente durante o projeto, como os demais benefícios.



A ampliação de vida útil do produto e a melhoria da funcionalidade do produto foi contemplada tanto no questionário a priori quanto no posteriori, evidenciando uma consolidação dos dados por eles conhecidos.

A pergunta de número 3 (Quadro 16) deve-se a um problema do senso comum, a respeito dos nanochips, levantado no início do projeto pelos alunos e retomado no final.

**Quadro 16** – Pergunta 3 do QF: “Um "nano chip" é assim chamado apenas por possuir menor tamanho visível comparado aos outros chips disponíveis no mercado?”

A12	<i>“A capacidade do nano chip é maior do que a capacidade de outros tipos, quanto menor ele é maior a sua capacidade.”</i>
A2	<i>“Sim e por ter uma tecnologia mais avançada e compacta.”</i>
A11	<i>“Sim, ele é o menor e mais fino chip presente no mercado nacional. Dentre os demais, ele ocupa menos espaço no aparelho móvel, tanto em dimensões, quanto em espessura.”</i>
A8	<i>“O nano chip é chamado assim por ser bem menor e possuir a mesma capacidade dos outros.”</i>
A15	<i>“além de ser menor, ele tem maior tecnologia comparado aos outros chip convencional.”</i>
A18	<i>“Sim; Pois ele agrega um design moderno e apresenta uma estrutura leve.”</i>
A9	<i>“Também pelo fato dele ser um chip menor que os outros, as peças deles são muito menores, então é usada a nanotecnologia.”</i>
A21	<i>“Sim, pois quando é apresentado o nome de "nano", todo mundo pensa que está relacionado a "nanotecnologia", mas é apenas para apresentar o tamanho e a finura entre os outros chips que existe.”</i>
A14	<i>“E por sua eficiência, por ser menor, pode melhorar sua qualidade e sua funcionalidade.”</i>
A13	<i>“Ele é o menor e mais fino chip presente no mercado nacional. Dentre os demais, ele ocupa menos espaço no aparelho móvel, tanto em dimensões, quanto em espessura. O nano chip é o mais utilizado nos aparelhos celulares atuais, os quais chamamos de smartphone, aqueles com tela touch screen, desbloqueio com impressão digital, etc.”</i>
A10	<i>“Sim, pois com o decorrer do tempo e a evolução da tecnologia os celulares começaram a solicitar chips cada vez menores para que o celular não precise ter um espaço grande para que um chip possa ser colocado dentro.”</i>
A7	<i>“Não só pelo tamanho visível, mas pela escala usada no que não conseguimos</i>

	<i>ver também, a escala nanométrica que é utilizada e é capaz de realizar os objetivos com mais precisão.”</i>
A1	<i>“Não. Além do tamanho, o nano chip possui em sua composição um material nanotecnológico, por isso também, tem esse nome.”</i>
A17	<i>“Sim, pois os nanochips estão relacionados com o tamanho de certa forma.”</i>
A3	<i>“Não entendi.”</i>
A6	<i>“No. Porque ele está mais perto das moléculas que os outros. Gerando melhor eficiência.”</i>
A19	<i>“Sim.”</i>
A4	<i>“Não. O prefixo “nano” é utilizado por possuir nanotecnologia inserida dentro dele, e não por eles ser visivelmente menor.”</i>
A16	<i>“Não sei. Mas creio que eu haja nano-circuitos, por isso o nome.”</i>
A5	<i>“Sim, pois aparece apenas o chip sem as bordas.”</i>

**Fonte:** A autora, 2020.

Essa pergunta também pode ser relacionada com a pergunta 4 do questionário inicial, visto que antes foi perguntado aos discentes se eles sabiam o que significava a palavra NANO, e ao final do projeto, buscou-se uma contextualização acerca de um produto do cotidiano, o celular com nano chip, para saber sobre o grau de compreensão dos alunos sobre o significado desse prefixo.

É nítida a evolução nas respostas do *posteriori* (Final) em relação ao *priori* (Inicial), já que antes praticamente todos entendiam o prefixo nano apenas como tamanho diminuto. E, no último questionário, já conseguem relacionar a capacidade e velocidade de processamento, tecnologia mais avançada e compacta, eficiência e melhoria na qualidade, todas as características envolvendo o prefixo NANO em chips de celular.

Ainda assim, boa parte dos discentes divergiram um pouco ao não responder com precisão ou ao dizer que não sabiam. Alguns deles, na realidade, não assistiram às aulas teóricas durante o projeto, e nem participaram da palestra do Dr. André, o que pode ter auxiliado na imprecisão das respostas.

Já a pergunta 4, questionava o impacto que a nanotecnologia tem no cotidiano dos discentes sendo concedido ao aluno a possibilidade de escolher 3 opções para responderem. Das 20 respostas, 5 delas justificaram que o impacto era pequeno.

Outras 7 respostas mostraram que o impacto era médio na vida deles. E, por fim, 8 discentes explicaram o motivo pelo qual a nanotecnologia tem grande impacto na vida deles. Seguem os Quadros divididos em A, B e C (Quadros 17 – 19) contendo todas as respostas dos alunos.

**Quadro 17 – Pergunta 4 do QF: A - Percepção dos alunos sobre o pequeno impacto da nanotecnologia.**

A12	<i>“Influência nos medicamentos e cosméticos que faço uso no cotovelo.”</i>
A14	<i>“Eu não tenho muito contato com isso, porém meu telefone é nano chip, então é uma evolução digamos.”</i>
A13	<i>“Ainda não é muito falado sobre a nanotecnologia.”</i>
A6	<i>“Porque eu não sei sobre o assunto de fato.”</i>
A19	<i>“Fui só descobrir o que é isso agora, antes nem tinha ouvido.”</i>

Fonte: A autora, 2020.

**Quadro 18 – Pergunta 4 do QF: B - Percepção dos alunos sobre o médio impacto da nanotecnologia.**

A2	<i>“Pelos usos de objetos que tem muitos componentes nanotecnológicos celular, pc, defensivos agrícolas, remédio bovino etc.”</i>
A21	<i>“Pois os produtos que nós consumimos possuem às vezes essa nanotecnologia no nosso dia a dia, como os alimentos e remédios por exemplo.”</i>
A1	<i>“Na minha vida, uso alguns produtos que até ontem nem sabia que havia a presença de material nanotecnológico, mesmo assim, são poucos, nível mediano, não hard.”</i>
A3	<i>“Porque não utilizo muitos, atualmente, porém alguns sim.”</i>
A4	<i>“Atualmente médio, visto que a nanotecnologia é uma ciência muito nova, cara e pouco acessível nos dias de hoje, além de não ser um foco de estudos para mim. Entretanto, creio que com o tempo a nanociência crescerá e poderá ter um impacto maior.”</i>
A16	<i>“Pois apesar de haver relativamente muitos produtos com a tecnologia, há ainda uma vasta área a ser explorada e conseqüente novos produtos a serem criados, esses que podem permear ainda mais o nosso cotidiano.”</i>
A5	<i>“Pois soube da existência a pouco tempo. Uso pouco essa tecnologia, em sofás impermeabilizantes entre outros produtos.”</i>

Fonte: A autora, 2020.

**Quadro 19** – Pergunta 4 do QF: C - Percepção dos alunos sobre o grande impacto da nanotecnologia.

A11	<i>“Várias coisas que utilizamos no cotidiano utilizam a nanotecnologia.”</i>
A8	<i>“Está diretamente ligado a praticamente tudo.”</i>
A15	<i>“Pois a nanotecnologia só vem agregar nossa vida, com novas descobertas para facilitar nosso dia a dia.”</i>
A18	<i>“Pois evidencia um avanço científico.”</i>
A9	<i>“Pois nós usamos muito no nosso dia a dia, seja em escova de dente e até mesmo em pneu de carro/caminhão, bebedouros, secadores de cabelo e etc.”</i>
A10	<i>“Pois há na produção de muitas coisas, mesmo que não percebemos, assim como medicamentos e muitas coisas envolvendo medicina e produtos industrializados.”</i>
A7	<i>“Porque a nanotecnologia está presente em diversos elementos que usamos no cotidiano, mesmo que podemos não saber, mas está lá.”</i>
A17	<i>“Pois ela está presente em grande quantidade e proporções no meu cotidiano.”</i>

**Fonte:** A autora, 2020.

Os discentes que responderam ser pequeno o impacto em suas vidas, atribuíram ao fato de, até então, não terem conhecimento dessa tecnologia, julgando assim, não ter sido importante até então. Ao passo que, para as opiniões de médio impacto, os discentes relacionaram à pouca utilização dos possíveis produtos que contém nanotecnologia. E, por fim, para quem escolheu o grande impacto da nanotecnologia em suas vidas, indicou em sua maioria compreender o quanto essa ciência é importante para o desenvolvimento de infinitas áreas. Além de já observarem sua importância em seu próprio cotidiano.

A pergunta 5: *“Você acredita que a Nanotecnologia deve ser abordada no Ensino Médio?”* Também possuía duas opções sim ou não e por quê. Apenas o aluno A6 respondeu não, justificando que: *“É mais uma coisa que atrasa a eficiência do ensino. Deve ser ensinado para quem quer seguir na área sobre ou quer/precisa aprender sobre isso.”* Este aluno, inclusive, participou muito pouco do projeto, não se interessando pela execução das atividades. O Quadro 20 apresenta as respostas afirmativas concedidas pelos alunos.

**Quadro 20** – Pergunta 5 do QF: “Você acredita que a Nanotecnologia deve ser abordada no Ensino Médio?”

A12	<i>“Sim, para terem conhecimento sobre coisas que eles usam diariamente.”</i>
A2	<i>“Sim, pois é uma coisa muito útil no dia a dia e tbm pode melhorar várias coisas.”</i>
A11	<i>“O conhecimento em nanotecnologia pode ser abordado por diferentes recursos didáticos, como é o caso da tecnologia da informação, minimizando a barreira da transposição desse conhecimento para o ensino básico. Acredita-se que as ferramentas tecnológicas, se bem usadas, podem ser facilitadoras do processo de ensino e aprendizagem.”</i>
A8	<i>“Por se tratar de algo presente no dia a dia.”</i>
A15	<i>“Nanotecnologia é nosso futuro e nosso presente temos que nos aprofundar para ter a maior capacidade de conhecimento.”</i>
A18	<i>“Pois apesar de o Brasil apresentar um cenário heterogêneo (desigualdade social), facilitaria muito uma abordagem nas escolas para os alunos que não possuem uma estrutura econômica favorável.”</i>
A9	<i>“Sim, ensina nós entendermos mais a nanotecnologia e em que usamos ela no dia a dia.”</i>
A21	<i>“Pois é uma tecnologia que possui muitos pontos positivos para ser apresentado e que abre infinitas possibilidades de criarem invenções interessantes e inovadora para o nosso cotidiano.”</i>
A14	<i>“É literalmente o presente e o futuro ao msm tempo, pq aprendendo sobre isso, podemos ver muito mais o mundo de outra forma, exemplo o ovo, que não dá pra fazer sem pensar nisso tbm.”</i>
A13	<i>“Sim, o conhecimento em nanotecnologia pode ser abordado por diferentes matérias Acredita-se, nesse trabalho, que as ferramentas tecnológicas, se bem usadas, podem ser facilitadoras do processo de ensino e aprendizagem.”</i>
A10	<i>“Pois pode trazer uma outra visão de produtos e desenvolvimentos dos mesmos. Mas a pergunta é: os alunos estão preparados para entrar nesse conteúdo?”</i>
A7	<i>“Porque é um avanço da tecnologia, e faz parte da vida de cada um, então sabermos ao menos como e o que é, seria interessante.”</i>
A1	<i>“A nanotecnologia é uma coisa "nova", muitos ainda têm conhecimento sobre, e como em breve, a nanotecnologia será algo que "dominará" o mundo, é muito interessante que as novas gerações tenham um conhecimento específico sobre a matéria, ter um certo domínio quando ouvirem falar do assunto.”</i>
A17	<i>“Sim, pois a grande maioria não sabe sobre o assunto e o quão presente ele está na sociedade.”</i>
A3	<i>“Sim pois é algo de extrema importância que deveria ter mais relevância.”</i>

A19	<i>“Sim, por que a matéria é muito boa de ser estudar você cria mais conhecimento sobre isso.”</i>
A4	<i>“Sim, porém de forma simplória e dentro de alguma disciplina já existente, visto que ela pode despertar um interesse de uma parcela de alunos e gerar um crescimento da área no Brasil posteriormente.”</i>
A16	<i>“Pois acredito que é um universo que vai ser bastante explorado a partir dos próximos anos e que vai gerar novos postos de trabalho para sua pesquisa, dessa forma, abordá-lo na escola prepararia os alunos para uma das novas profissões do futuro que eles podem seguir.”</i>
A5	<i>“É algo extremamente interessante, fazendo com que pesquisemos mais por conta própria. Perceber os avanços tecnológicos e como eles são aplicados nas indústrias e nos nossos dias é algo essencial.”</i>

**Fonte:** A autora, 2020.

Acredita-se que as respostas positivas acerca de um novo conhecimento, a percepção diferente de produtos que nos rodeiam a partir do projeto e a possibilidade de se modificar materiais na busca por melhorias à sociedade, despertaram o interesse dos alunos para a nanotecnologia, cumprindo o papel do projeto de ensinar sobre essa ciência, buscando relacionar aos conteúdos do currículo básico do ensino médio e, também, às práticas do cotidiano.

## 6. PRODUTO EDUCACIONAL

O produto educacional foi um guia didático (GD) tendo como Bloco Específico Educação em Ciências (*Ciências dos Anos Iniciais e Finais do Ensino Fundamental, Física, Química, Biologia*) e como Bloco Interdisciplinar a Divulgação Científica.

Intitulado *#NanoTeam*, o GD apresenta um projeto para o ensino da Nanotecnologia com utilização de metodologias ativas. Possui uma introdução acerca do projeto desenvolvido pela pesquisadora, além do exemplo de planejamento da intervenção pedagógica, desafios e conquistas, bem como os produtos obtidos desta aplicação.

O produto educacional pode ser aplicado no Ensino Médio com vistas ao Ensino de Química. No entanto, o GD pode, também, ser aplicável em outros formatos de ensino, séries e conteúdos, adaptando-o de acordo com cada realidade vivenciada. Encontra-se em um arquivo a parte.

## 7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O projeto *#Nanoteam* comprometeu-se com o conceito de educação integral referido pela BNCC, principalmente pela intencionalidade da construção de processos educativos que promovam aprendizagens sintonizadas com os desafios da sociedade contemporânea. Sobretudo, ainda em acordo à BNCC, superou-se a fragmentação disciplinar do conhecimento ao trabalhar a universalidade da interface química-biologia (bioquímica), promovendo estímulo à sua aplicação na vida real ao experimentar com materiais do cotidiano, dando real significado ao que se aprende e, principalmente, incentivando o protagonismo do estudante em sua aprendizagem e na construção de seu projeto de vida.

Ainda no início do projeto, as observações e análises em laboratório, confirmaram a possibilidade do ensino de nanotecnologia aliando ligações químicas e interações intermoleculares como conceitos estruturantes. A agitação promovida em diferentes velocidades é capaz de modificar macroscopicamente a omelete, deixando-a mais rígida, assim como, de modificar o comportamento das proteínas perante soluções aquosas, resultando na alteração dos tamanhos médios dos agregados proteicos.

Ao preparar a omelete feita sob agitação manual, observa-se uma textura mais leve. E quando se experimenta a omelete preparada sob maior agitação, percebe-se uma textura mais homogênea e rígida, como se fosse uma solução única, sem gotículas de ar. Acredita-se que a maior agitação propicia a formação de grandes agregados proteicos, reduzindo a presença de ar entre as cadeias proteicas, causando as propriedades macroscópicas já mencionadas.

Isso posto, foi a vez de promover o ensino dos conceitos nanotecnológicos pretendidos, por meio de uma metodologia ativa, a metodologia *Jigsaw Classroom*, tornando o discente protagonista no processo de aprendizagem. Posteriormente, ao articular nanotecnologia e experimentação com materiais do cotidiano, mesmo que à distância, os discentes foram capazes de experimentar e estudar sobre algo inovador e, ao mesmo tempo, preparar uma omelete, um ato considerado simples para o cotidiano.

A utilização da Atividade Experimental Problematizada foi crucial para desenvolver uma experimentação à distância, que pudesse abordar aspectos claros de



metodologia científica aliados aos materiais do cotidiano, fazendo com que o discente sentisse pertencente de fato aquela aula experimental.

Os estudantes demonstraram prazer em aprender, de formas variadas e dinâmicas e que, pela análise de discurso, foi muito importante para a aprendizagem dos conteúdos propostos. O produto final apresentado por eles também demonstrou compreensão do tema nanotecnologia/nanociência bem como a correlação com o currículo básico do ensino médio, da disciplina de química, em assuntos pertinentes às misturas trabalhadas na experimentação, partindo das interações intermoleculares para tal compreensão.

Os meios pelos quais as atividades foram desenvolvidas facilitou o desenvolvimento do projeto. Os textos em formato PDF disponibilizados de forma simples e objetiva foram suficientes para engajar os discentes ao assunto e se interessarem pelas discussões. O aplicativo *Padlet*, foi uma novidade para todos os alunos, permitindo aos discentes trabalharem em grupo, com dedicação, bem como sintetizarem a organização do conteúdo de uma forma mais adequada, resultando em murais incríveis.

O tema em geral despertou interesse em praticamente todos os estudantes que participaram do projeto, visto que, não era de conhecimento por parte de nenhum estudante, e que, da forma com que foi tratado, se tornou palpável e interessante para ser mais explorado, causando nos estudantes o desejo de pesquisar mais sobre o assunto.

A relação entre professor-aluno foi melhorada com o desenvolvimento do projeto, principalmente pelo fato de a professora estar mais próxima e conectada com os discentes, sempre mandando mensagem nos grupos que foram formados, em conversas descontraídas ao longo do projeto, em relação ao tempo dedicado à execução do mesmo, entre outros aspectos.

O projeto é aplicável a qualquer série, desde que se abordem conceitos relacionados a série a ser trabalhada. Nunca é cedo, ou tarde, para falar sobre nanotecnologia no ensino. A pesquisa ainda pode ser continuada tendo em vista as inúmeras formas de se ensinar acerca do tema proposto.



## REFERÊNCIAS

- ABDI – AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL. **Cartilha sobre nanotecnologia**, 2010. Disponível em: <[http://lqes.iqm.unicamp.br/images/publicacoes\\_teses\\_livros\\_resumo\\_cartilha\\_abdi.pdf](http://lqes.iqm.unicamp.br/images/publicacoes_teses_livros_resumo_cartilha_abdi.pdf)> Acesso em: 25 mar. 2019.
- ALCÂNTARA, Juliana Bonifácio de. **Qualidade físico-química de ovos comerciais: avaliação e manutenção da qualidade**. Goiânia. 2012. 31f. Seminários aplicados 23 (Doutorado em Ciência Animal) Universidade Federal de Goiás – Escola de Veterinária e Zootecnia de Goiânia, 2012.
- ALMEIDA, Ana Carolina Sergio; FRANCO, Elisângela Aparecida Nazário; PEIXOTO, Fernanda Marques; PESSANHA, Kênia Letícia Ferreira; MELO, Nathália Ramos. **Aplicação de nanotecnologia em embalagens de alimentos**. Scielo, polímeros vol.25 no.spe São Carlos Dec. 2015. On-line version ISSN 1678-5169. Acesso em out 2020.
- ANVISA – AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. **Diário Oficial da União**. Disponível em: <<http://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?jornal=1&pagina=44&data=21/08/2014>>. Acesso em: 09 jan. 2020.
- ARONSON, Elliot. **Jigsaw Classroom**. Social Psychology Network, 2000. Disponível em: <<https://www.jigsaw.org/>>. Acesso em julho de 2020.
- ARZENI, Carolina; PÉREZ, Oscar E.; PILOSOFF, Ana M. R. **Power Ultrasound Assisted Design of Egg Albumin Nanoparticles**. 2015. Departamento de Indústrias, Facultad de Ciencias Exactas Naturales, Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires, Argentina.
- AQUINO, Débora Rodrigues de. **Embalagem e tempo de armazenamento sobre a qualidade de ovos vermelhos mantidos em refrigerador**. 2016.32f. Monografia (Graduação em Zootecnia) – Faculdade de Zootecnia – Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2016.
- AULER, Décio. **Enfoque ciência-tecnologia-sociedade: pressupostos para o contexto brasileiro**. Ciência & Ensino, vol. 1, número especial, p. 1 - 20, 2007.

AYRES, C; ARROIO, A. **Um simulador aplicado ao estudo de interações intermoleculares**. Universidade de São Paulo. Departamento de Metodologia do Ensino e Educação Comparada. p. 2445-2450, ISSN 2174-6486. 2009.

BARDIN, Laurence. **Análise de conteúdo**. Lisboa: Edições 70; 1977.

\_\_\_\_\_. **Análise de conteúdo**. São Paulo: Edições 70, 2011, 229 p.

BARROS, Rosa Maria da Silva. **Nanoalimentos e nanotecnologias aplicadas a alimentos – riscos potenciais, necessidades regulatórias e proposta de instrumento para verificar opiniões sobre riscos potenciais à saúde e ao ambiente**. Dissertação de mestrado – Escola Nacional de Saúde Pública Sergio Arouca, Rio de Janeiro, 2011.

BOUWMEESTER, Hans; et. al. **Review of health safety aspects of nanotechnologies in food production**. Regulatory Toxicology and Pharmacology. 2009;53:52-62.

BRANCO, Maria Luísa Frazão Rodrigues. **A educação progressiva na atualidade: o legado de John Dewey**. Educ. Pesqui., São Paulo, v. 40, n. 3, p.783-798, jul./set. 2014.

BRASIL. **Base Nacional Comum Curricular: Educação Infantil e Ensino Fundamental**. Brasília: MEC/Secretaria de Educação Básica, 2017.

BUZEA, Cristina; PACHECO, Ivan I; ROBBIE, Kevin. **Nanomaterials and nanoparticles: sources and toxicity**. Biointerphases 2007; 2:MR17-172.

CAMARA, Vanessa Fernanda da Silveira e PROCHNOW, Tania Renata. **A abordagem da nanociência e nanotecnologia nos livros didáticos de Química do Ensino Médio**. XVIII Encontro Nacional de Ensino de Química (XVIII ENEQ) Florianópolis, SC, Brasil, julho de 2016.

CÂMARA, Maria Suely C. da; MORAIS, Carina Siqueira de Moraes; ARANDAS, Anderson M. de; LEMOS, Felipe C.; BARROS, Joana D’arc de Souza; SILVA, Thiago do Nascimento; JUNIOR, Pedro L. de Almeida. **Nanotecnologia e ensino de química: promovendo educação científica no sertão do Pajeú**. 34ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química (SBQ), Florianópolis – SC, 2011.

CASTRO, Wanessa de. **Pedagogia de projetos em educação mediada por computador**. Unopar Cient., Ciênt. Human. Educ., Londrina v. 8, n. 1, p. 89-98, junho, 2007.

CHASSOT, Attico. **Alfabetização científica: questões e desafios para a educação**. 4. ed. Ijuí: Unijuí, 2006.

COCHITO, M.I.S. **Cooperação e aprendizagem: educação intercultural**. Lisboa: ACIME, 2004. Disponível em:  
<[http://www.acidi.gov.pt/docs/Publicacoes/Entreculturas/Coop\\_Apredizagem\\_N3.pdf](http://www.acidi.gov.pt/docs/Publicacoes/Entreculturas/Coop_Apredizagem_N3.pdf)>.

COTTA, Tadeu. **Galinha: produção de ovos**. Viçosa: Aprenda Fácil, 2002. 227 p.

DEWEY, John. **How We Think. a Restatement of the Relation of Reflective Thinking**. D. C. Heath and Company, 1933. 301 p.

DIMER, Frantiescoli A.; FRIEDRICH, Rossana B.; BECK, Ruy C. R; GUTERRES, Sílvia S.; POHLMANN, Adriana R. **Impactos da Nanotecnologia na saúde: produção de medicamentos**. Química Nova, v. 36, n. 10, p. 1520-1526, 2013.

EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Nanotecnologia Aplicada ao Agronegócio**. Projeto em Rede. Disponível em:  
<<https://www.embrapa.br/busca-de-projetos/-/projeto/213676/aplicacao-de-embalagens-polimericas-contendo-nanoparticulas-de-prata-na-conservacao-pos-colheita-de-frutos-climatericos-e-nao-climatericos>> Acesso em: jan 2020.

FATARELI, Elton Fabrino; FERREIRA, Luciana Nobre de Abreu; FERREIRA, Jerino Queiroz; QUEIROZ, Salete Linhares. **Método Cooperativo de Aprendizagem Jigsaw no Ensino de Cinética Química**. Química Nova na Escola, vol. 32, nº 3, agosto 2010.

FONSECA, João José Saraiva da. **Metodologia da pesquisa científica**. Fortaleza: UEC, 2002. Apostila.

FRAGA, Carlos Alberto Manssour. **Razões da atividade biológica: Interações micro – e biomacro – moléculas**. Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola Nº 3 – maio 2001.

FRANCO, Dalton. **FTD sistema de ensino: SIM: ensino médio**: Química: 3ª série: Livro do professor/ Dalton Franco. 1. Ed. São Paulo, 2014.

FREIRE, Paulo. **Educação como prática da liberdade**. 17.ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1979.

GADOTTI, Moacir. **Perspectivas Atuais da Educação**. Porto Alegre: Artes Médicas, 2000.

GAMA, Cátia Fernandes. **Uma proposta para o ensino de nanociência e da nanotecnologia, nas aulas de física do ensino médio**. 2013. 129 p. Dissertação de mestrado (Instituto de Física) Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.

GASQUE Kelley Cristine Gonçalves Dias; CUNHA, Marcus Vinícius da. **A epistemologia de John Dewey e o letramento informacional**. TransInformação, Campinas, 22(2):139-146, maio/ago., 2010.

GOMES, Victor Fernandes de Souza; CÂMARA, Maria Suely Costa da. **Nanotecnologia e ligação química: proposta interdisciplinar para o ensino de química**. In: Jornada de ensino, pesquisa e extensão – JEPEX, 8., 2013, Recife. Anais... Recife: [s.n.], 2013.

GIL PEREZ, Daniel. (1991). **Que hemos de saber y saber hacer los profesores de Ciencias?** Enseñanza de las Ciencias. v. 9, n. 1, pp. 69 77.

GIORDAN, Marcelo. **O Papel da Experimentação no Ensino de Ciências**. Química Nova na Escola, 1999.

GONÇALVES, A. S., MACEDO, Ana Sofia; SOUTO, Eliana B. **Therapeutic nanosystems for oncology nanomedicine**. Clin Transl Oncol 14, 883–890 (2012).

GUIMARÃES, C. C. **Experimentação no ensino de Química: caminhos e descaminhos rumo à aprendizagem significativa**. Química Nova na Escola, São Paulo, v. 31, n. 3, p. 198-202, ago. 2009.

GUIMARÃES, Yara A. F.; GIORDAN, Marcelo. **Instrumento para construção e validação de sequências didáticas em um curso a distância de formação continuada de professores**. ENPEC, 2012. Universidade de São Paulo – SP. Disponível em: <[http://abrapecnet.org.br/atas\\_enpec/viii/enpec/resumos/R0875-2.pdf](http://abrapecnet.org.br/atas_enpec/viii/enpec/resumos/R0875-2.pdf)> Acesso em julho 2019.

GUZMÁN, Maribel G.; DILLE, Jean; GODET, Stephan. **Synthesis of silver nanoparticles by chemical reduction method and their antibacterial activity**. International Journal of Chemical and Biomolecular Engineering, v. 2, n. 3, p. 104-111, 2009.

HALLING, Peter J. **Protein-stabilized foams and emulsions**. Crit. Rev. in Food Sci. and Nutr., Boca Raton: CRC Press, v. 157, n. 2, p. 155-203, 1981.

JING, Lee; NING, Lee; YUN, Lee J.; HONORIO, Kathia M.; PIOKER, Fabiana Curtopassi; ARROIO, Agnaldo; MARTORANO, Simone Alves de Assis; SANNOMIYA, Miriam. **Nanotecnologia na escola: possibilidades e desafios.** Experiências em Ensino de Ciências V.14, No.1, São Paulo, 2019.

JÚNIOR, Wilmo E. Francisco. **Uma Abordagem Problematicadora para o Ensino de Interações Intermoleculares e Conceitos Afins.** Química nova na escola. N°29, 2008.

JUNQUEIRA, Marianna Meirelles. **Um estudo sobre o tema interações intermoleculares no contexto da disciplina de química geral: a necessidade da superação de uma abordagem classificatória para uma abordagem molecular.** Tese de doutorado. Instituto de Física, Instituto de Química, Instituto de Biociências, Faculdade de Educação. Universidade de São Paulo, 2017.

LAMMERS, Twan; AIME, S.; HENNINK, Wim E.; STORM, G.; KIESSLING, Fabian; **Theranostic nanomedicine.** Acc. Chem. Res. 2011, 44, 1029.

LIBÂNEO, José Carlos. **Didática.** Coleção Magistério: 2º Grau. São Paulo: Cortez, 1990.

LOPES, Ítala Kariny Barroso. **Nanociências e nanotecnologia no ensino de química em uma escola pública de Diamantina.** 2012. 32 p. Conclusão de Curso (Departamento de Química) - Faculdade de Ciências Exatas, Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, 2012.

LUDWIG, Valdemir Eneias. **Estrutura eletrônica e interações intermoleculares em redução.** Tese de doutorado. Instituto de Física – Universidade São Paulo – USP. Doi: 10.11606 / T.43.2005.tde-06032014-145338. São Paulo, 2005.

MARTINS, I. P.; SIMÕES, M. O.; SIMÕES, T. S.; LOPES, J. M.; COSTA, J. A.; RIBEIRO CLARO, P. (2004). **Educação em Química e Ensino de Química – Perspectivas curriculares.** Química e Ensino, v. 42, p. 42-45.

MARTINS, Andréa Barbosa; MARIA, Luiz Claudio de Santa; AGUIAR, Mônica R. Marques Palermo de. **As drogas no ensino de Química.** Química Nova na Escola, n. 18, p. 18-21, nov. 2003.

MARTINS, Víctor de Carvalho; BRAGA, Elaine Cristina de Oliveira; GODOY, Ronoel Luiz de Oliveira; BORGUINI, Renata Galhardo; PACHECO, Sidney; SANTIAGO, Manuela Cristina Pessanha de Araujo; NASCIMENTO, Luzimar da Silva de Mattos

do. **Nanotecnologia em alimentos: uma breve revisão.** IFES, Rio de Janeiro. Perspectivas da Ciência e Tecnologia, v.7, n. 2, (2015).

MELLADO, Vicente. (1996). **Concepciones y prácticas de aula de profesores de Ciencias, en las f ormación inicial de primaria y secundaria.** Enseñanza de lãs Ciências, v.14, n.3, p. 289 302.

MCTI, MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA, INOVAÇÕES E COMUNICAÇÕES. **MCTIC publica portaria que implementa a Iniciativa Brasileira de Nanotecnologia.** 2019. Disponível em:

<[http://www.mctic.gov.br/mctic/opencms/salaImprensa/noticias/arquivos/2019/08/MCTIC\\_publica\\_portaria\\_que\\_implementa\\_a\\_Iniciativa\\_Brasileira\\_de\\_Nanotecnologia\\_.html?searchRef=nanotecnologia&tipoBusca=expressaoExata](http://www.mctic.gov.br/mctic/opencms/salaImprensa/noticias/arquivos/2019/08/MCTIC_publica_portaria_que_implementa_a_Iniciativa_Brasileira_de_Nanotecnologia_.html?searchRef=nanotecnologia&tipoBusca=expressaoExata)> Acesso em: 29 dezembro de 2019.

MOREIRA, Herivelto; CALEFFE, Luiz Gonzaga. **Metodologia da pesquisa para o professor pesquisador.** Lamparina editora – 2ª ed. – Rio de Janeiro: Lamparina, 2008.

MOREIRA, Jackeline da Rosa; SILVA, André Luís Silva da; MOURA, Paulo Rogerio Garcez de; DEL PINO, José Cláudio. **Potencialidade de um plano de ensino pautado na atividade experimental problematizada (AEP) à alfabetização científica em química.** Experiências em Ensino de Ciências V.14, Nº.2 – RS, 2019.

MOTTA Valter T. **Bioquímica básica.** 2ª edição; 2011.

OLIVEIRA, Boaz G.; ARAÚJO, Regiane C. M. U. de. **Relação entre transferência de carga e as interações intermoleculares em complexos de hidrogênio heterocíclicos.** Química Nova vol.30 no.4. Versão On-line ISSN 1678-7064. São Paulo, 2007.

OMS, Organização Mundial da Saúde; OPAS, Organização Pan-americana da saúde. **Folha informativa - COVID-19 (doença causada pelo novo coronavírus).** 2020 abr. [cerca de 10 p.]. Disponível em:

<[https://www.paho.org/bra/index.php?option=com\\_content&view=article&id=6101:COVID-19&Itemid=875](https://www.paho.org/bra/index.php?option=com_content&view=article&id=6101:COVID-19&Itemid=875)>. Acesso em julho de 2020.

ORSI, Carlos. **Nanopartículas de sílica fazem medicamento agir apenas em célula de câncer.** Jornal da Unicamp, ANO 2016 – No 663. Universidade Estadual

de Campinas, Campinas – SP. Disponível em:

<<https://www.unicamp.br/unicamp/ju/663/nanoparticulas-de-silica-fazem-medicamento-agir- apenas-em-celula-de-cancer>> Acesso em: 25 fev 2020.

PANTOJA, Najara Vidal; FERRAZ, Uiara Mendes; RODRIGUEZ, Anselmo Fortunato Ruiz; ALBUQUERQUE, Sâmara Regina Santana; NÓBREGA, Danielly de Sousa.

**Nanociência, Nanotecnologia e Nanobiotecnologia: uma experiência de divulgação científica em Rio Branco – Acre.** XVIII Encontro Nacional de Ensino de Química (XVIII ENEQ) Florianópolis, SC, Brasil, julho de 2016.

PAULETTI, Fabiana; ROSA, Marcelo Prado Amaral; CATELLI, Francisco. **A importância da utilização de estratégias de ensino envolvendo os três níveis de representação da Química.** DOI: 10.3895/S1982-873X2014000300008. v. 7, n. 3 (2014).

PEREIRA, Ademir de Souza; PIRES, Dario Xavier. **Uma proposta teórica-experimental de sequência didática sobre interações intermoleculares no ensino de química, utilizando variações do teste da adulteração da gasolina e corantes de urucum.** Investigações em Ensino de Ciências – V17(2), pp. 385-413, 2012.

PINAFFI, Thiago da Silva; RAMINELLI, Carla Melissa de Paulo; SOUZA FILHO, Moacir Pereira de. **Aplicações da nanotecnologia na informática.** 2017. Tarabai-SP.

PORTES, Kátia Aparecida Campos. **A organização do currículo por projetos de trabalho.** Especialista em Educação Matemática pela UFJF, 2010. Disponível em: <<http://www.ufjf.br/virtu/files/2010/04/artigo-2a3.pdf>>. Acesso em julho 2020.

PYRRHO, Monique; SCHRAMM, Fermin Roland. **A moralidade da nanotecnologia.** Cad. Saúde Pública, Rio de Janeiro, 28(11):2023-2033, Nov/ 2012.

QUINA, Frank. **Nanotecnologia e o meio ambiente: perspectivas e risco.** Química Nova, São Paulo, Volume 27, p. 1028-1029, 2004.

RAMOS, B.F.S. **Gema de ovo composição em aminas biogénicas e influência da gema na fração volátil de creme de pasteleiro.** 2008. 111f. Dissertação (Mestrado em Controlo de qualidade) – Faculdade de farmácia. Universidade do Porto, Porto, 2008.

REBELLO, Gabriel Antonio Fontes; ARGYROS, Mécia de Matos; LEITE, Wallace



Leonardo Lopes; SANTOS, Mayke Machado; BARROS, José Celestino; SANTOS, Paula Macedo Lessa dos; SILVA, Joaquim Fernando Mendes da. **Nanotecnologia, um tema para o ensino médio utilizando a abordagem CTSA.** Química Nova Escola, v. 34, p. 3-9, 2012.

RÊGO, I.O.P.; CANÇADO, S.V; FIGUEIREDO, T.C.; MENEZES, L.D.M.; OLIVEIRA, D.D.; LIMA, A.L.; CALDEIRA, L.G.M.; ESSER, L.R. **Influência do período de armazenamento na qualidade do ovo integral pasteurizado refrigerado.** Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia, v. 64, n.3, p.735-742. 2012. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0102-09352012000300027&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0102-09352012000300027&script=sci_arttext)> Acesso em 24 fev 2020.

ROCHA, José Roberto Caetano da; CAVICCHIOLI, Andrea. **Uma alternativa para o aprendizado dos conceitos de átomo, molécula, elemento químico, substância simples e substância composta, no Ensino Fundamental e Médio.** Química Nova na Escola, São Paulo, n. 21, p. 29-33, maio. 2005.

ROCHA, Willian R. **Interações intermoleculares.** Cadernos temáticos de Química Nova na Escola, 4, 31 – 36, 2001.

ROCO, Mihail C. **Nanotechnology – A Frontier for Engineering Education.** International Journal of Engineering Education, August 2002, Vol. 18, No. 5, Special Issue on Nanotechnology.

RODRIGUES, Ana Clara Beltran. **Betaláínas funcionais: semissíntese, propriedades fotofísicas e interações intermoleculares.** Tese de doutorado. Instituto de química. Universidade de São Paulo. Doi: 10.11606/T.46.2017.tde-22082017-102205. São Paulo, 2017.

ROTH, Klaus. **Proteins Present in Egg White.** 2012. Chemie in unserer Zeit/Wiley-VCH. Disponível em: <<https://www.chemistryviews.org/details/ezone/1492619/>> Acesso em: 07 mar 2020.

SANT'ANNA, José Paulo. **Linha branca: Nanotecnologia controla micróbios – Plástico Moderno,** 2018. Disponível em: <<https://www.plastico.com.br/linha-branca-nanotecnologia-controla-microbios-plastico-moderno/>>. Acesso em: jan 2019.

SANTOS, Priscilla Crispiniano dos. **Nanopartículas: toxicidade biológica.** 2014. 55p. Conclusão de Curso (Centro de Ciências da Saúde) -Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2014.



SARCINELLI, Miryelle Freire; VENTURINI, Katiani Silva; SILVA, Luís César da. **Características dos Ovos**. Universidade Federal do Espírito Santo – UFES. 2007.

SCHROEDER, Edson; FERRARI, Nadir; MAESTRELLI, Sylvia Regina Pedrosa. **A construção dos conceitos científicos em aulas de ciências: contribuições da teoria histórico cultural do desenvolvimento**. VII ENPEC, Florianópolis – SC, 2009.

SERIBELI, Fábio Luiz. **Interações intermoleculares: o estado da arte da pesquisa em ensino e desenvolvimento de atividades práticas experimentais sobre o tema**. Instituto de Química da Universidade de São Paulo (IQ-USP). Scientia Vitae, Volume 7, número 23, 2019.

SERP, Philippe; CORRIAS, Massimiliano; KALCK, Philippe; **Carbon nanotubes and nanofibers in catalysis**. Appl. Catal. A: Gen. 2003, 253, 337.

SGARBIERI, Valdemiro Carlos. **Proteínas em alimentos protéicos**. 1.ed. São Paulo: Varela, p 517, 1996.

SILVA, Andressa Hennig; FOSSÁ, Maria Ivete Trevisan. **Análise de conteúdo: exemplo de aplicação da Técnica para análise de dados qualitativos**. Qualit@s Revista Eletrônica ISSN 1677 4280 Vol.17. Nº 1 (2015).

SILVA, Paulo Ricardo da; LOPES, José Guilherme da Silva. **Nanociência, Nanotecnologia e Ensino de Ciências: um tema a ser discutido na formação de professores**. In: Encontro nacional de pesquisa em educação em ciências, 10, 2015, Águas de Lindóia. Anais... Aguas de Lindoia: 2015. p. 1-8. Disponível em:<[http://www.abrapecnet.org.br/enpec/x-enpec/anais2015/lista\\_area\\_18.htm](http://www.abrapecnet.org.br/enpec/x-enpec/anais2015/lista_area_18.htm)> Acesso em: 26 fev 2020.

SILVA, André Luís Silva da; MOURA, Paulo Rogerio Garcez de; DEL PINO, José Cláudio. **Atividade experimental problematizada (AEP) como uma estratégia pedagógica para o ensino de ciências: aportes teóricos, metodológicos e exemplificação**. Experiências em Ensino de Ciências V.12, Nº 5 – RS, 2017.

SIQUEIRA-BATISTA, Rodrigo et al. **Nanociência e nanotecnologia como temáticas para discussão de ciência, tecnologia, sociedade e ambiente**. Ciênc. educ. (Bauru) [online]. 2010, vol.16, n.2, pp.479-490. ISSN 1516-7313. <https://doi.org/10.1590/S1516-73132010000200014>.

SIRHAN, G. **Learning difficulties in chemistry: an overview.** Journal of Turkish Science Education, v. 4, n. 2, p. 2-20, set. 2007.

SOMORJAI, Gabor A.; **Introduction to Surface Science Chemistry and Catalysis,** Willey: New York, 1994.

THE ROYAL SOCIETY & THE ROYAL ACADEMY OF ENGINEERING. **Nanoscience and nanotechnologies: opportunities and uncertainties.** Nanoscience and nanotechnologies, p. 7, July 2004.

THIOLLENT, Michel. **Metodologia da pesquisa-ação.** São Paulo: Cortez & Autores Associados, 1988.

THIOLLENT, Michel. **Metodologia da Pesquisa-ação.** Ed. Cortez. São Paulo/SP. 2011.

TOMA, Henrique. **O mundo Nanométrico: a dimensão do novo século.** São Paulo: Oficina de Textos, 2004.

TOMA, Henrique; ARAKI, Koiti. **Nanociência e nanotecnologia: o gigantesco e promissor mundo do muito pequeno.** Ciência Hoje, São Paulo, vol. 37, nº 217, pág. 25, junho de 2005. Disponível em: <<http://cienciahoje.org.br/artigo/o-gigantesco-e-promissor-mundo-do-muito-pequeno/>>. Acesso em: dezembro de 2019.

TOMAZINHO, Paulo. **Ensino Remoto Emergencial: a oportunidade da escola criar, experimentar, inovar e se reinventar.** Sindicato do Ensino Privado – SINEPE/RS. Artigo publicado em 17 de abril de 2020. Disponível em: <<https://www.sinepe-rs.org.br/noticias/ensino-remoto-emergencial-a-oportunidade-da-escola-criar-experimentar-inovar-e-se-reinventar>>. Acesso em julho de 2020.

\_\_\_\_\_. UFSCar. **Cartilha sobre Padlet.** 2018. Secretaria Geral de Educação a Distância da Universidade Federal de São Carlos. Disponível em: <<https://inovaeh.sead.ufscar.br/wp-content/uploads/2019/04/Tutorial-Padlet.pdf>>. Acesso em Julho de 2019.

UNESCO. **The Ethics and Politics of Nanotechnology.** United nations educational, Scientific and Cultural Organization. Paris, 25 p., 2006.

ZUIN, Vânia Gomes; IORIATTI, Maria Célia; MATHEUS, Carlos Eduardo. **O emprego de parâmetros físicos e químicos para a avaliação da qualidade de águas naturais: uma proposta para a educação química e ambiental na perspectiva CTSA.** Química Nova na Escola, v. 31, n. 1, p. 3 8, 2009.

## **APÊNDICES**

# APÊNDICE I. Autorização para desenvolvimento da pesquisa



## INSTITUTO FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO

Programa de Mestrado Profissional em Química em Rede Nacional  
PROFQUI - IFES - Vila Velha.

### TERMO DE AUTORIZAÇÃO

<b>IDENTIFICAÇÃO DA PESQUISA:</b> "Nanotecnologia e Ensino de Química - Interação Intermolecular como o Conceito Estruturante"
<b>PESQUISADORA:</b> Carol de Souza Berger (Mestranda em Química)
<b>ORIENTADOR:</b> Prof. Dr. André Romero da Silva

### AUTORIZAÇÃO

Eu, Edviana Berset de Souza,  
nº funcional: \_\_\_\_\_, RG: 1.002.195/ES,  
CPF: 007741377-62, diretor do Centro de Ensino Ouse,  
localizado no bairro Colina, município de Linhares - ES, autorizo a Aluna de  
Mestrado e Pesquisadora Carol de Souza Berger a realizar, nesta unidade de  
ensino, a coleta de dados educacionais e utilizar tais informações em  
Dissertação de Mestrado, podendo publicar os resultados da pesquisa em  
veículos de divulgação da produção científica, respeitando as normas de ética  
em pesquisa e o consentimento livre e esclarecido dos(as) entrevistados(as).

Carol de Souza Berger

Carol de Souza Berger  
(Mestranda e pesquisadora)

Prof. Dr. André Romero da Silva  
(Orientador)

Edviana Berset de Souza  
Assinatura e carimbo do diretor

**CENTRO DE ENSINO OUSE**  
Mantenedora: NF Cursos Preparatórios EIRELI-ME  
CNPJ: 17.409.354/0001-97  
Ato de autorização: Res. CEE Nº 3.657/2013 de 16/12/2013  
Publicado em 03/01/2014  
Ato de Reconhecimento: Res. CEE nº 4.672/2016 de 08/12/2016  
Publicado em, 13/12/2016  
Endereço: Av. Ibirapuaçu, 991, Colina Linhares ES  
Cep: 29900-398

Linhares - ES, 31 / 10 / 2019



Scanned with  
CamScanner

## APÊNDICE II. Termo de assentimento livre e esclarecido – TALE (para menores de 18 anos)



INSTITUTO FEDERAL DO ESPÍRITO  
SANTO  
Campus Vila Velha  
Programa de Mestrado  
Profissional  
em Química em Rede Nacional -  
PROFQUI



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO**  
INSTITUTO FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO  
Av. Min. Salgado Filho, 1000 - Soteco, Vila Velha - ES,  
29106-010 (27) 3149-0700

### **TERMO DE ASSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO – TALE (PARA MENORES DE 18 ANOS - Resolução CNS 466 de 12/12/2012)**

OBS: Este Termo de Assentimento para o menor de 18 anos não eliminará a necessidade do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido que deverá ser assinado pelo responsável ou representante legal do menor.

Querido estudante, eu, Carol de Souza Berger, gostaria de convidá-lo, após autorização dos seus pais (ou dos responsáveis legais), para participar como voluntário(a) da pesquisa de minha responsabilidade, intitulada: **“O ENSINO DA NANOTECNOLOGIA VIA METODOLOGIAS ATIVAS: NANOCIÊNCIA POR MEIO DE UMA ABORDAGEM COLABORATIVA.”**

Também participa desta pesquisa o orientador André Romero da Silva, e-mail [aromero@ifes.edu.br](mailto:aromero@ifes.edu.br). Caso este Termo de Assentimento contenha informação que não lhe seja compreensível, as dúvidas podem ser tiradas com a professora/pesquisadora, e apenas ao final, quando todos os esclarecimentos forem dados e você concorde com a realização do estudo, pedimos que rubrique as folhas e assine ao final deste documento, que está em duas vias, uma via lhe será entregue e a outra ficará com a pesquisadora responsável. Você será esclarecido(a) sobre qualquer dúvida e estará livre para decidir participar ou recusar-se. Caso não aceite participar, não haverá nenhum problema, desistir é um direito seu. Assim, nos encontros não presenciais do projeto, você terá o direito de não participar, sem qualquer prejuízo às aulas relacionadas exclusivamente ao ensino escolar.





**INFORMAÇÕES SOBRE A PESQUISA:** Esta pesquisa de mestrado tem como objetivo contextualizar o ensino de Química trabalhando a temática Nanotecnologia. Para isso serão fornecidas informações a respeito de materiais nanotecnológicos que são utilizadas hoje em dia, correlacionando-as com as consequências que podem causar no organismo e na sociedade, sempre empregando a Química para tal explicação.

A metodologia desta pesquisa consistirá na execução de um projeto durante 07 momento não presenciais, devido à pandemia da Covid-19, no período de 04 a 28 de agosto de 2020, onde você realizará neste período o estudo de textos científicos, por meio da metodologia Jigsaw Classroom (Sala de aula quebra-cabeça), além de promover a discussão dos temas específicos, de forma cooperativa e em grupo, e de responder a questionários relacionados à temática, todos por interação on-line. Haverá também um momento de prática experimental utilizando materiais do cotidiano, suficientes para preparo de alimentos na cozinha. Você irá preparar uma omelete, de forma a modificar a agitação, ora com garfo ora com mixer, e observar também a influência do sal em cada preparo. Todos os discentes participarão da experimentação, e, sempre que possível farão em aula ao vivo no Google Meet em sala de aula própria, criada pela escola para as aulas on-line. Durante a realização das atividades você será observado, analisado e fotografado, assim como todos os discentes participantes desta pesquisa. Ao final, participará de uma webinar com o professor Doutor André Romero da Silva, a fim de esclarecer ainda mais sobre a nanociência e nanotecnologia. Após a execução do projeto todos os dados por mim levantados serão compilados e apresentados na forma de dissertação de mestrado, objetivando a análise da ocorrência ou não de pensamento crítico sobre a química e a nanotecnologia bem como a análise da aprendizagem que venha a ser proporcionada pelas atividades.

**RISCOS DA PESQUISA:** Os riscos mínimos de participação na pesquisa se referem aos pequenos desconfortos que você poderá sentir aos registros fotográficos.



INSTITUTO FEDERAL DO ESPÍRITO  
SANTO  
Campus Vila Velha  
Programa de Mestrado  
Profissional  
em Química em Rede Nacional -  
PROFQUI



Contudo, não é obrigatória a participação no registro fotográfico. Cabe ressaltar que, nas anotações, seu nome será fictício. A professora/pesquisadora, no papel de observadora, irá zelar pelos participantes, para que os mesmos não se sintam constrangidos de nenhuma forma. Como o projeto será desenvolvido de forma não presencial, a escolha por aparecer ou não ficará a seu critério. A experimentação será simples, não havendo quaisquer problemas de execução. A pesquisa contará somente com alunos com idade superior a 15 anos, sendo os riscos de manipulação de fogão e outros utensílios domésticos ficam mitigados. De qualquer modo, seus pais ou responsáveis serão convidados a participar de forma que auxiliem a você na execução do preparo da omelete, a fim de minimizar os possíveis riscos de acidentes domésticos.

**BENEFÍCIOS DIRETOS E INDIRETOS PARA OS VOLUNTÁRIOS:** A pesquisa tem como benefícios lhes oportunizar o contato com uma metodologia diferenciada que poderá se tornar um fator de motivação ao estudo, uma experiência que contribui com a capacidade de trabalhar em equipe e que desenvolva a organização e a autonomia. Os voluntários poderão beneficiar-se de melhorias no ensino como um todo. A partir das ações realizadas ao longo da investigação, será elaborado um guia didático voltado para o Ensino de Química pela abordagem do tema Nanotecnologia, contribuindo assim para o desenvolvimento de alternativas efetivas para projetos futuros.

A experimentação se dará de modo a testar várias formas de se fazer uma omelete, havendo a análise de texturas e sabores. Você, discente, em sua residência, preparará e provará sua omelete a fim de fazer a análise qualitativa da experimentação. Caso você, ou outro discente, tenha alergia aos componentes da omelete não é necessário provar a mesma. Você e os outros discentes serão previamente questionados sobre as possíveis alergias, a fim de eliminar possíveis problemas com a ingestão.

As informações desta pesquisa serão confidenciais e serão divulgadas apenas em eventos ou publicações científicas, não havendo identificação dos voluntários, a não



INSTITUTO FEDERAL DO ESPÍRITO  
SANTO  
Campus Vila Velha  
Programa de Mestrado  
Profissional  
em Química em Rede Nacional -  
PROFQUI



ser entre as responsáveis pelo estudo, sendo assegurado o sigilo sobre a sua participação. Os dados coletados nesta pesquisa como gravações, entrevistas, fotos e filmagens ficarão armazenados em pastas de arquivo, memórias auxiliares, como pen drive, e computador pessoal, sob a responsabilidade da pesquisadora, pelo período de no mínimo 5 anos. Você não pagará nada para participar desta pesquisa, também não receberá nenhum pagamento para a sua participação, pois é voluntária.

**DECLARO O MEU CONSENTIMENTO PARA PARTICIPAÇÃO VOLUNTÁRIA  
NESTA PESQUISA**

Eu, declaro ter compreendido os objetivos, a natureza, os riscos e os benefícios deste estudo, que estão descritos neste Termo de Assentimento Livre e Esclarecido, ter recebido respostas claras às minhas questões a propósito da minha participação direta (ou indireta) na pesquisa. Estou consciente que posso deixar de participar deste estudo em qualquer momento, durante ou após minha participação, sem penalidades, perdas ou prejuízos para minha pessoa ou de qualquer equipamento ou benefício que possa ter adquirido, que possuí tempo razoável para decidir, livre e voluntariamente, participar deste estudo.

Linhares/ES, \_\_\_\_ de \_\_\_\_ de 2020

Nome completo do estudante participante: \_\_\_\_\_

RG: \_\_\_\_\_ Data de Nascimento: \_\_/\_\_/\_\_ Telefone: \_\_\_\_\_

Endereço: \_\_\_\_\_

CEP: \_\_\_\_\_ Cidade: \_\_\_\_\_ Estado: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
Assinatura do estudante participante





INSTITUTO FEDERAL DO ESPÍRITO  
SANTO  
Campus Vila Velha  
Programa de Mestrado  
Profissional  
em Química em Rede Nacional -  
PROFQUI



Eu, Carol de Souza Berger, pesquisadora responsável pela pesquisa, declaro ter apresentado o estudo, explicando seus objetivos, natureza, riscos e benefícios e ter respondido da melhor forma possível às questões formuladas pelo participante.

Assinatura da pesquisadora: \_\_\_\_\_ Data: \_\_\_ / \_\_\_ / \_\_\_

Este documento passou pela aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa Envolvendo Seres Humanos do IFES que está no endereço: (Av. Rio Branco, nº 50 – Santa Lúcia – Vitória – ES – CEP: 29056-255. Tel: (27) 3357-7518 e 3357-7530 - Email: [etica\\_pesquisa@ifes.edu.br](mailto:etica_pesquisa@ifes.edu.br)

## APÊNDICE III. Termo de consentimento livre e esclarecido - TCLE (para responsável legal pelo menor de 18 anos)



INSTITUTO FEDERAL DO ESPÍRITO  
SANTO  
Campus Vila Velha  
Programa de Mestrado  
Profissional  
em Química em Rede Nacional -  
PROFQUI



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO**  
INSTITUTO FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO  
Av. Min. Salgado Filho, 1000 - Soteco, Vila Velha - ES,  
29106-010 (27) 3149-0700

### **TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO - TCLE (PARA RESPONSÁVEL LEGAL PELO MENOR DE 18 ANOS - Resolução CNS 466 de 12/12/2012)**

Prezado(a) Senhor(a), solicitamos a sua autorização para convidar o(a) seu/sua filho(a) \_\_\_\_\_

para participar como voluntário(a) da pesquisa: **“O ENSINO DA NANOTECNOLOGIA VIA METODOLOGIAS ATIVAS: NANOCIÊNCIA POR MEIO DE UMA ABORDAGEM COLABORATIVA.”** Participam desta pesquisa a pesquisadora Carol de Souza Berger, e-mail [bergercs@outlook.com](mailto:bergercs@outlook.com) e o orientador André Romero da Silva, e-mail [aromero@ifes.edu.br](mailto:aromero@ifes.edu.br). Caso este Termo de Consentimento contenha informação que não lhe seja compreensível, as dúvidas podem ser tiradas com a pesquisadora, e apenas ao final, quando todos os esclarecimentos forem dados e você concorde com a realização do estudo, pedimos que rubricue as folhas e assine ao final deste documento, que está em duas vias, uma via lhe será entregue e a outra ficará com a pesquisadora responsável. Caso não concorde, não haverá nenhum problema, bem como será possível retirar o consentimento a qualquer momento, também sem nenhum prejuízo.

**INFORMAÇÕES SOBRE A PESQUISA:** Esta pesquisa de mestrado tem como objetivo contextualizar o ensino de Química trabalhando a temática Nanotecnologia. Para isso serão fornecidas informações a respeito de materiais nanotecnológicos que são utilizadas hoje em dia, correlacionando-as com as consequências que



INSTITUTO FEDERAL DO ESPÍRITO  
SANTO  
Campus Vila Velha  
Programa de Mestrado  
Profissional  
em Química em Rede Nacional -  
PROFQUI



podem causar no organismo e na sociedade, sempre empregando a Química para tal explicação.

A metodologia desta pesquisa consistirá na execução de um projeto durante 07 momento não presenciais, devido à pandemia da Covid-19, no período de 04 a 28 de agosto de 2020, onde os estudantes realizarão nesse período o estudo de textos científicos, por meio da metodologia Jigsaw Classroom (Sala de aula quebra-cabeça), além de promover a discussão dos temas específicos, de forma cooperativa, e de responderem a questionários relacionados à temática, todos por interação on-line. Haverá também um momento de prática experimental utilizando materiais do cotidiano, suficientes para preparo de alimentos na cozinha. Os discentes irão preparar uma omelete, de forma a modificar a agitação, ora com garfo ora com mixer, e observar também a influência do sal em cada preparo. Todos participarão da experimentação, e, sempre que possível farão em aula ao vivo no Google Meet em sala de aula própria, criada pela escola para as aulas on-line. Durante a realização das atividades os alunos serão observados, analisados e fotografados. Ao final, participarão de uma webinar com o professor Doutor André Romero da Silva, a fim de esclarecer ainda mais sobre a nanociência e nanotecnologia. Após a execução do projeto todos os dados por mim levantados serão compilados e apresentados na forma de dissertação de mestrado, objetivando a análise da ocorrência ou não de pensamento crítico sobre a química e a nanotecnologia bem como a análise da aprendizagem que venha a ser proporcionada pelas atividades.

**RISCOS DA PESQUISA:** Os riscos mínimos de participação na pesquisa se referem aos pequenos desconfortos que você poderá sentir aos registros fotográficos. Contudo, não é obrigatória a participação no registro fotográfico. Cabe ressaltar que, nas anotações, seu nome será fictício. A professora/pesquisadora, no papel de observadora, irá zelar pelos participantes, para que os mesmos não se sintam constrangidos de nenhuma forma. Como o projeto será desenvolvido de forma não presencial, a escolha por aparecer ou não ficará a critério do discente. A



INSTITUTO FEDERAL DO ESPÍRITO  
SANTO  
Campus Vila Velha  
Programa de Mestrado  
Profissional  
em Química em Rede Nacional -  
PROFQUI



experimentação será simples, não havendo quaisquer problemas de execução. A pesquisa contará somente com alunos com idade superior a 15 anos, sendo os riscos de manipulação de fogão e outros utensílios domésticos ficam mitigados. De qualquer modo, os pais ou responsáveis dos docentes serão convidados a participar de forma que auxiliem seus filhos na execução do preparo da omelete, a fim de minimizar os possíveis riscos de acidentes domésticos.

**BENEFÍCIOS DIRETOS E INDIRETOS PARA OS VOLUNTÁRIOS:** A pesquisa tem como benefícios lhes oportunizar o contato com uma metodologia diferenciada que poderá se tornar um fator de motivação ao estudo, uma experiência que contribui com a capacidade de trabalhar em equipe e que desenvolva a organização e a autonomia. Os voluntários poderão beneficiar-se de melhorias no ensino como um todo. A partir das ações realizadas ao longo da investigação, será elaborado um guia didático voltado para o Ensino de Química pela abordagem do tema Nanotecnologia, contribuindo assim para o desenvolvimento de alternativas efetivas para projetos futuros.

A experimentação se dará de modo a testar várias formas de se fazer uma omelete, havendo a análise de texturas e sabores. Os discentes, dispostos em suas residências, prepararão e provarão suas omeletes a fim de fazer a análise qualitativa da experimentação. Caso algum discente tenha alergia aos componentes da omelete não é necessário provar a mesma. Os discentes serão previamente questionados sobre as possíveis alergias, a fim de eliminar possíveis problemas com a ingestão.

As informações desta pesquisa serão confidenciais e serão divulgadas apenas em eventos ou publicações científicas, não havendo identificação dos voluntários, a não ser entre as responsáveis pelo estudo, sendo assegurado o sigilo sobre a sua participação. Os dados coletados nesta pesquisa como gravações, entrevistas, fotos e filmagens ficarão armazenados em pastas de arquivo, memórias auxiliares, como pen drive, e computador pessoal, sob a responsabilidade da pesquisadora, pelo período de no mínimo 5 anos. Você não pagará nada para participar desta pesquisa, também não receberá nenhum pagamento para a sua participação, pois é voluntária.





INSTITUTO FEDERAL DO ESPÍRITO  
SANTO  
Campus Vila Velha  
Programa de Mestrado  
Profissional  
em Química em Rede Nacional -  
PROFQUI



Eu, \_\_\_\_\_, portador do documento de Identidade \_\_\_\_\_ responsável pelo Menor \_\_\_\_\_, fui informado(a) dos objetivos da pesquisa **“O ENSINO DA NANOTECNOLOGIA VIA METODOLOGIAS ATIVAS: NANOCIÊNCIA POR MEIO DE UMA ABORDAGEM COLABORATIVA.”** de maneira clara e detalhada e esclareci minhas dúvidas. Sei que poderei entrar em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa do Instituto Federal do Espírito Santo – IFES, para obter informações específicas sobre a aprovação deste projeto ou qualquer outra informação que for necessária através do e-mail [ética.pesquisa@ifes.edu.br](mailto:ética.pesquisa@ifes.edu.br) ou pelo telefone (27) 3357-7518, bem como com a pesquisadora no Centro de Ensino Ouse ou pelo telefone (27) 99921-1566. Sei também que a qualquer momento poderei modificar minha decisão de consentimento de participação do Menor sob minha responsabilidade, se assim o desejar. Recebi uma cópia deste termo de consentimento livre e esclarecido e me foi dada a oportunidade de ler e esclarecer as minhas dúvidas. Em caso de desistência do Menor sob minha responsabilidade em permanecer na pesquisa, os seus dados já coletados referentes a resultados de exames, questionários respondidos e similares não deverão ser utilizados na pesquisa.

Linhares/ES, \_\_\_\_ de \_\_\_\_ de 2020

_____ Nome completo do responsável legal (participante)	_____ Data
_____ Nome completo do estudante (participante)	_____ Data
_____ Nome completo (pesquisadora responsável)	_____ Data



INSTITUTO FEDERAL DO ESPÍRITO  
SANTO  
Campus Vila Velha  
Programa de Mestrado  
Profissional  
em Química em Rede Nacional -  
PROFQUI



---

Nome completo (testemunha)

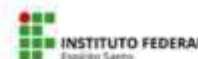
Data

Este documento passou pela aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa Envolvendo Seres Humanos do IFES que está no endereço: Av. Rio Branco, nº 50 – Santa Lúcia – Vitória – ES – CEP: 29056-255. Tel: (27) 3357-7518 e 3357-7530 - E-mail: [etica\\_pesquisa@ifes.edu.br](mailto:etica_pesquisa@ifes.edu.br).

## APÊNDICE IV. Termo de consentimento livre e esclarecido - TCLE (para maiores de 18 anos ou emancipados)



INSTITUTO FEDERAL DO ESPÍRITO  
SANTO  
Campus Vila Velha  
Programa de Mestrado  
Profissional  
em Química em Rede Nacional -  
PROFQUI



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO**  
INSTITUTO FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO  
Av. Min. Salgado Filho, 1000 - Soteco, Vila Velha - ES,  
29106-010 (27) 3149-0700

### **TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO - TCLE (PARA MAIORES DE 18 ANOS OU EMANCIPADOS - Resolução CNS 466 de 12/12/2012)**

Querido estudante, eu, Carol de Souza Berger, gostaria de convidá-lo, para participar como voluntário(a) da pesquisa de minha responsabilidade, intitulada: **"O ENSINO DA NANOTECNOLOGIA VIA METODOLOGIAS ATIVAS: NANOCIÊNCIA POR MEIO DE UMA ABORDAGEM COLABORATIVA."**

Participa também desta pesquisa o orientador André Romero da Silva, e-mail [aromero@ifes.edu.br](mailto:aromero@ifes.edu.br). Caso este Termo de Consentimento contenha informação que não lhe seja compreensível, as dúvidas podem ser tiradas com a pesquisadora, e apenas ao final, quando todos os esclarecimentos forem dados e você concorde com a realização do estudo, pedimos que rubriche as folhas e assine ao final deste documento, que está em duas vias, uma via lhe será entregue e a outra ficará com a pesquisadora responsável. Você será esclarecido(a) sobre qualquer dúvida e estará livre para decidir participar ou recusar-se. Caso não aceite participar, não haverá nenhum problema, desistir é um direito seu. Assim, nos encontros não presenciais do projeto, você terá o direito de não participar, sem qualquer prejuízo às aulas relacionadas exclusivamente ao ensino escolar.

**INFORMAÇÕES SOBRE A PESQUISA:** Esta pesquisa de mestrado tem como objetivo contextualizar o ensino de Química trabalhando a temática Nanotecnologia. Para isso serão fornecidas informações a respeito de materiais nanotecnológicos que





INSTITUTO FEDERAL DO ESPÍRITO  
SANTO  
Campus Vila Velha  
Programa de Mestrado  
Profissional  
em Química em Rede Nacional -  
PROFQUI



são utilizadas hoje em dia, correlacionando-as com as consequências que podem causar no organismo e na sociedade, sempre empregando a Química para tal explicação.

A metodologia desta pesquisa consistirá na execução de um projeto durante 07 momento não presenciais, devido à pandemia da Covid-19, no período de 04 a 28 de agosto de 2020, onde os estudantes realizarão nesse período o estudo de textos científicos, por meio da metodologia Jigsaw Classroom (Sala de aula quebra-cabeça), além de promover a discussão dos temas específicos, de forma cooperativa, e de responderem a questionários relacionados à temática, todos por interação on-line. Haverá também um momento de prática experimental utilizando materiais do cotidiano, suficientes para preparo de alimentos na cozinha. Os discentes irão preparar uma omelete, de forma a modificar a agitação, ora com garfo ora com mixer, e observar também a influência do sal em cada preparo. Todos participarão da experimentação, e, sempre que possível farão em aula ao vivo no Google Meet em sala de aula própria, criada pela escola para as aulas on-line. Durante a realização das atividades os alunos serão observados, analisados e fotografados. Ao final, participarão de uma webinar com o professor Doutor André Romero da Silva, a fim de esclarecer ainda mais sobre a nanociência e nanotecnologia. Após a execução do projeto todos os dados por mim levantados serão compilados e apresentados na forma de dissertação de mestrado, objetivando a análise da ocorrência ou não de pensamento crítico sobre a química e a nanotecnologia bem como a análise da aprendizagem que venha a ser proporcionada pelas atividades.

**RISCOS DA PESQUISA:** Os riscos mínimos de participação na pesquisa se referem aos pequenos desconfortos que você poderá sentir aos registros fotográficos. Contudo, não é obrigatória a participação no registro fotográfico. Cabe ressaltar que, nas anotações, seu nome será fictício. A professora/pesquisadora, no papel de observadora, irá zelar pelos participantes, para que os mesmos não se sintam constrangidos de nenhuma forma. Como o projeto será desenvolvido de forma não



INSTITUTO FEDERAL DO ESPÍRITO  
SANTO  
Campus Vila Velha  
Programa de Mestrado  
Profissional  
em Química em Rede Nacional -  
PROFQUI



presencial, a escolha por aparecer ou não ficará a critério do discente. A experimentação será simples, não havendo quaisquer problemas de execução. A pesquisa contará somente com alunos com idade superior a 15 anos, sendo os riscos de manipulação de fogão e outros utensílios domésticos ficam mitigados. De qualquer modo, os pais ou responsáveis dos docentes serão convidados a participar de forma que auxiliem seus filhos na execução do preparo da omelete, a fim de minimizar os possíveis riscos de acidentes domésticos.

**BENEFÍCIOS DIRETOS E INDIRETOS PARA OS VOLUNTÁRIOS:** A pesquisa tem como benefícios lhes oportunizar o contato com uma metodologia diferenciada que poderá se tornar um fator de motivação ao estudo, uma experiência que contribui com a capacidade de trabalhar em equipe e que desenvolva a organização e a autonomia. Os voluntários poderão beneficiar-se de melhorias no ensino como um todo. A partir das ações realizadas ao longo da investigação, será elaborado um guia didático voltado para o Ensino de Química pela abordagem do tema Nanotecnologia, contribuindo assim para o desenvolvimento de alternativas efetivas para projetos futuros.

A experimentação se dará de modo a testar várias formas de se fazer uma omelete, havendo a análise de texturas e sabores. Os discentes, dispostos em suas residências, prepararão e provarão suas omeletes a fim de fazer a análise qualitativa da experimentação. Caso algum discente tenha alergia aos componentes da omelete não é necessário provar a mesma. Os discentes serão previamente questionados sobre as possíveis alergias, a fim de eliminar possíveis problemas com a ingestão.

As informações desta pesquisa serão confidenciais e serão divulgadas apenas em eventos ou publicações científicas, não havendo identificação dos voluntários, a não ser entre as responsáveis pelo estudo, sendo assegurado o sigilo sobre a sua participação. Os dados coletados nesta pesquisa como gravações, entrevistas, fotos e filmagens ficarão armazenados em pastas de arquivo, memórias auxiliares, como pen drive, e computador pessoal, sob a responsabilidade da pesquisadora, pelo período de no mínimo 5 anos. Você não pagará nada para participar desta pesquisa,



INSTITUTO FEDERAL DO ESPÍRITO  
SANTO  
Campus Vila Velha  
Programa de Mestrado  
Profissional  
em Química em Rede Nacional -  
PROFQUI



também não receberá nenhum pagamento para a sua participação, pois é voluntária.

**DECLARO O MEU CONSENTIMENTO PARA PARTICIPAÇÃO VOLUNTÁRIA  
NESTA PESQUISA**

Eu, declaro ter compreendido os objetivos, a natureza, os riscos e os benefícios deste estudo, que estão descritos neste Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, ter recebido respostas claras às minhas questões a propósito da minha participação direta (ou indireta) na pesquisa. Sei que poderei entrar em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa do Instituto Federal do Espírito Santo – IFES, para obter informações específicas sobre a aprovação deste projeto ou qualquer outra informação que for necessária através do e-mail [ética.pesquisa@ifes.edu.br](mailto:ética.pesquisa@ifes.edu.br) ou pelo telefone (27) 3357-7518, bem como com a pesquisadora no Centro de Ensino Ouse ou pelo telefone (27) 99921-1566. Estou consciente que posso deixar de participar deste estudo em qualquer momento, durante ou após minha participação, sem penalidades, perdas ou prejuízos para minha pessoa ou de qualquer equipamento ou benefício que possa ter adquirido, que possuí tempo razoável para decidir, livre e voluntariamente, participar deste estudo.

Linhares/ES, \_\_\_\_ de \_\_\_\_ de 2020

Nome completo do estudante participante: \_\_\_\_\_

RG: \_\_\_\_\_ Data de Nascimento: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_ Telefone: \_\_\_\_\_

Endereço: \_\_\_\_\_

CEP: \_\_\_\_\_ Cidade: \_\_\_\_\_ Estado: \_\_\_\_\_

---

Assinatura do estudante Participante



INSTITUTO FEDERAL DO ESPÍRITO  
SANTO  
Campus Vila Velha  
Programa de Mestrado  
Profissional  
em Química em Rede Nacional -  
PROFQUI



Eu, Carol de Souza Berger, pesquisadora responsável pela pesquisa, declaro ter apresentado o estudo, explicando seus objetivos, natureza, riscos e benefícios e ter respondido da melhor forma possível às questões formuladas pelo participante.

Assinatura da pesquisadora: \_\_\_\_\_ Data: \_\_\_ / \_\_\_ / \_\_\_

Este documento passou pela aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa Envolvendo Seres Humanos do IFES que está no endereço: Av. Rio Branco, nº 50 – Santa Lúcia – Vitória – ES – CEP: 29056-255. Tel: (27) 3357-7518 e 3357-7530 - E-mail: [etica.pesquisa@ifes.edu.br](mailto:etica.pesquisa@ifes.edu.br).



## APÊNDICE V. Consentimento de participação como voluntário



INSTITUTO FEDERAL DO ESPÍRITO  
SANTO  
Campus Vila Velha  
Programa de Mestrado  
Profissional  
em Química em Rede Nacional -  
PROFQUI



### CONSENTIMENTO DE PARTICIPAÇÃO COMO VOLUNTÁRIO NO PROCESSO DE VALIDAÇÃO DO PROJETO

Eu, \_\_\_\_\_, CPF  
\_\_\_\_\_, abaixo assinado, declaro que fui esclarecido sobre os  
objetivos, procedimentos e benefícios do estudo **"O ENSINO DA  
NANOTECNOLOGIA VIA METODOLOGIAS ATIVAS: NANOCIÊNCIA POR MEIO  
DE UMA ABORDAGEM COLABORATIVA."**

Assim sendo, participo de livre e espontânea vontade do estudo em questão. Foi-me assegurado o direito de abandonar o estudo a qualquer momento, se eu assim o desejar. Declaro também não possuir nenhum grau de dependência profissional ou educacional com os pesquisadores envolvidos nesse projeto (ou seja, os pesquisadores desse projeto não podem me prejudicar de modo algum no trabalho ou nos estudos), não me sentindo pressionado de nenhum modo a participar dessa pesquisa.

Vila Velha/ES, \_\_\_\_ de \_\_\_\_ de 2020

\_\_\_\_\_  
Assinatura do(a) participante Voluntário(a)

\_\_\_\_\_  
Assinatura da testemunha 1

CPF

\_\_\_\_\_  
Assinatura da testemunha 2

CPF

## APÊNDICE VI. Autorização de imagem e som



INSTITUTO FEDERAL DO ESPÍRITO  
SANTO  
Campus Vila Velha  
Programa de Mestrado  
Profissional  
em Química em Rede Nacional -  
PROFQUI



### AUTORIZAÇÃO DE USO DE IMAGEM E SOM NO PROCESSO DA VALIDAÇÃO DO PROJETO

Pelo presente documento, eu \_\_\_\_\_, RG:  
\_\_\_\_\_ CPF: \_\_\_\_\_ domiciliado na rua  
\_\_\_\_\_, número \_\_\_\_\_, cidade  
\_\_\_\_\_ declaro ceder à pesquisadora Carol de Souza Berger, sem  
quaisquer restrições quanto aos seus efeitos patrimoniais e financeiros, a plena  
propriedade e os direitos autorais de minha imagem e som de voz que prestei em  
depoimento de caráter histórico e documental para o Projeto **"O ENSINO DA  
NANOTECNOLOGIA VIA METODOLOGIAS ATIVAS: NANOCIÊNCIA POR MEIO  
DE UMA ABORDAGEM COLABORATIVA."**

O depoimento foi realizado na cidade de Vila Velha, ES, em \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_ e será  
utilizado como subsídio à construção da dissertação de Mestrado em Química do  
Instituto Federal do Espírito Santo da pesquisadora.

A pesquisadora acima citada fica conseqüentemente autorizada a utilizar, divulgar e  
publicar para fins acadêmicos e culturais, o mencionado depoimento, no todo ou em  
parte, editado ou não, com a ressalva de garantia da integridade do seu conteúdo.

Declaro ainda estar ciente de que essa entrevista ocorreu após minha autorização.

Vila Velha/ES, \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2020

---

(Assinatura do(a) entrevistado(a)/depoente)

## APÊNDICE VII. Questionário de Validação

docs.google.com/forms/d/e/11

PROFQUI  
INSTITUTO FEDERAL  
Espírito Santo

#NANOTEAM

USE  
CENTRO DE ENSINO  
Nova Cara, Novas Altitudes

# INSTRUMENTO DE ANÁLISE, AVALIAÇÃO E VALIDAÇÃO DO PROJETO

Desde já agradeço a participação nesta etapa tão importante para a minha dissertação.

**\*Obrigatório**

**TEMA DO PROJETO: "O ensino da nanotecnologia via metodologias ativas: nanociência por meio de uma abordagem colaborativa."**

Palavras-Chave: Nanociência e Nanotecnologia; Experimentação no Ensino Médio; Aprendizagem Cooperativa; Ensino Remoto de Química;

**PÚBLICO ALVO: Discentes da 3ª série do Ensino Médio Regular.**

DATA: 30 de Julho de 2020 às 19h30min.





NOME DO PROFESSOR AVALIADOR: \*

Sua resposta

DISCIPLINA(S) MINISTRADA(S) PELO AVALIADOR: \*

Sua resposta

### A – ESTRUTURA E ORGANIZAÇÃO

Este grupo de análise está dividido em quatro itens de avaliação. Tem como função avaliar aspectos de apresentação do projeto, desta forma faz-se necessário a observância dos elementos organizacionais, de redação, clareza linguística, componente temporal e adequação da bibliografia indicada.

Para cada item avaliativo deve ser atribuído um conceito semi-qualitativo: Insuficiente (I), suficiente (S) e mais que suficiente (MS). No que se refere ao entendimento de tais parâmetros, o item Insuficiente deve ser escolhido quando houver pouca ou nenhuma relação do projeto com as questões associadas ao item; Suficiente quando os critérios forem atendidos basicamente e mais que suficiente se existir alta relação entre o item avaliativo e a proposta apresentada no projeto. \*



(Insuficiente) (Suficiente)

A1. Qualidade e originalidade do projeto e sua articulação com os temas da disciplina: Neste item deve-se avaliar se o projeto é original, inovador e se os conteúdos abordados compõem o currículo de química.

A2. Clareza e inteligibilidade da proposta: Neste item deve-se avaliar se o projeto tem uma redação clara e direta, contendo todas as explicações necessárias para seu desenvolvimento.

A3. Adequação do tempo segundo as atividades propostas: Neste item é necessário avaliar se o tempo designado é condizente com as atividades e metodologias elencadas.



A4. Referencial Teórico/Bibliografia:  
Neste item é necessário avaliar se referencial de pesquisa está adequado à proposta, ao tema e aos conteúdos propostos.

### B- PROBLEMATIZAÇÃO

É por meio da problematização que a formulação dos problemas deve ser construída o que, por sua vez, gera a necessidade de trabalhar um novo conceito evidenciando o emprego dos conteúdos para compreensão da problemática levantada e da realidade, o que acaba por promover a apropriação dos conhecimentos ao se buscar resolver tais problemas. Sendo a problematização o foco em torno do qual os elementos que compõe o projeto devem se articular, este é o grupo que possui maior relevância. Para este quesito devem-se observar os seguintes itens de análise:

Para cada item avaliativo deve ser atribuído um conceito semi-qualitativo: Insuficiente (I), suficiente (S) e mais que suficiente (MS).

\*

I                      S  
(Insuficiente)   (Suficiente)

B.1 A  
Problematização:  
Neste item é necessário avaliar





(I), suficiente (S) e mais que suficiente (MS).

\*

I S  
(Insuficiente) (Suficiente)

B.1 A

Problematização:  
Neste item é necessário avaliar se a escolha e a forma da problematização foram construídas segundo a temática proposta, se é contextualizada, se é atual e principalmente e se motiva os estudantes a participação das atividades que compõem o projeto.

B.2 Articulação entre os conceitos e a problematização:  
Neste item é necessário avaliar se existe uma estreita relação entre a problematização do projeto e os conceitos trabalhados.



atividades que compõem o projeto.

B.2 Articulação entre os conceitos e a problematização:  
Neste item é necessário avaliar se existe uma estreita relação entre a problematização do projeto e os conceitos trabalhados.

B.3 Articulação entre os conceitos e a problematização:  
Neste item pretende-se avaliar se o contexto está imerso na abordagem que se propõe ao problema. Desta forma, a contextualização deve promover um melhor entendimento do problema e consequentemente uma melhor solução.



B.4 O problema e sua resolução:  
Ainda que se apresente um problema aberto, espera-se que sua resolução ou possibilidades de resolução sejam apresentadas ou desenvolvidas no decorrer das aulas e que este exercício de busca coletiva na resolução de tais questionamentos além de envolver e motivar também construa significados científicos. Desta forma se faz necessário que as conclusões alcançadas se vinculam diretamente ao problema proposto e, portanto, neste item deve se avaliar se o projeto proposto apresenta métodos e as abordagens para se alcançar tal resolução.





### C – CONTEÚDOS E CONCEITOS

Aprendizagem conforme entendido nesta avaliação não se limita aos conteúdos, mais em uma perspectiva mais ampla abrange tudo aquilo que se deve aprender para que se alcancem os objetivos educacionais propostos, englobando as capacidades cognitivas e também as demais capacidades.

Para cada item avaliativo deve ser atribuído um conceito semi-qualitativo: Insuficiente (I), suficiente (S) e mais que suficiente (MS).

\*

I                      S                      M  
(Insuficiente) (Suficiente)                      MS

C1. Objetivos e Conteúdos:  
Neste item é necessário avaliar se os objetivos são claramente informados e se vinculam com a problemática e os conceitos apresentados e se estão efetivamente direcionados a aprendizagem dos conteúdos e conceitos propostos.







C2.  
Conhecimentos  
Conceituais,  
Procedimentais  
e Atitudinais:  
Neste item é  
necessário  
avaliar se as  
atividades e  
conteúdos  
propostos são  
suficientes para  
que se alcancem  
os objetivos  
elencados, ou  
seja, o que se  
faz está em  
acordo com o  
que se pretende.

C3.  
Conhecimento  
Coloquial e  
Científico: Neste  
item pretende-se  
que a  
contextualização  
apresentada  
constitua ponto  
de partida para o  
desenvolvimento  
de um conteúdo  
científico que  
sirva como  
elemento  
explicativo de  
determinada  
situação ou  
mesmo como  
potencial agente  
solucionador da





#### C4. Organização

Encadeamento dos Conteúdos:

Este item se refere tanto em avaliar se os conteúdos são encadeados de forma lógica e gradativa e se os conteúdos a serem desenvolvidos são condizentes com o número de aulas.

#### C5. Tema,

Fenômeno,

Conceitos:

Pretende-se avaliar aqui se os conceitos desenvolvidos pelo projeto fornecem elementos para a discussão do fenômeno proposto segundo o tema de ensino. Se faz sentido trabalhar tal tema segundo organização apresentada na busca de responder a problemática construída.





## D – MÉTODO DE ENSINO E AVALIAÇÃO

As metodologias de Ensino e Avaliação utilizadas no desenvolvimento de uma atividade de ensino tem caráter primordial, porque é principalmente através delas e de seu desenvolvimento que as situações de aprendizagem se estabelecem e os agentes do processo ensino-aprendizagem (aluno professor e conhecimento) se inter-relacionam. Nesse sentido, pretende-se com esta dimensão de análise avaliar como essas metodologias promovem a aprendizagem dos alunos e consequentemente como os objetivos do projeto podem ser alcançados.

Para cada item avaliativo deve ser atribuído um conceito semi-qualitativo: Insuficiente (I), suficiente (S) e mais que suficiente (MS).

\*

I                      S                      M  
(Insuficiente) (Suficiente)                      SL

D.1 Aspectos Metodológicos:  
Avaliar neste item se os aspectos metodológicos são adequados e suficientes para alcançar os objetivos planejados. Verificar também se as estratégias didáticas são diversificadas e apropriadas para o desenvolvimento da problemática



proposta.

#### D.2 Organização das atividades e contextualização:

Neste item é necessário verificar se as atividades estão devidamente apresentadas aos alunos e se promovem, em consequência, a contextualização dos conteúdos a serem aprendidos.

#### D.3 Métodos de avaliação:

Neste item é analisado como se avalia no projeto se o(s) instrumento(s) de avaliação propostos são adequados e suficientes às metodologias apresentadas.

#### D.4 Avaliação integradora:

Deve-se verificar se a avaliação é integrada ao longo do projeto, ou seja, avalia-se todo o percurso do estudante.





do estudante.

#### D.5 Feedback de Avaliação:

Quando a avaliação possui objetivo formativo os resultados desta avaliação servem de informação para compreender os avanços alcançados, as dificuldades enfrentadas pelos alunos e estabelecer as atitudes a serem tomadas.



Portanto, observar com este critério de análise se existem instrumentos de feedback para os estudantes dos resultados obtidos nas avaliações.

D.6 A metodologia adotada favorece o ensino-aprendizagem dos alunos do ensino médio.





### E- ABORDAGEM DE PROJETOS

Neste item pretendemos avaliar se a abordagem da Pedagogia de Projetos está seguida de maneira apropriada e o instrumento de análise aplicado, foi baseado em John Dewey.

E1 – Dimensão Finalidades / Para cada item avaliativo deve ser atribuído um conceito semi-qualitativo: Insuficiente (I), suficiente (S) e mais que suficiente (MS). \*

I                      S                      M  
(Insuficiente) (Suficiente)                      su

E.1.1 O projeto propõe o desenvolvimento de procedimentos científicos (observar, inferir, classificar, explicar, relacionar), a resolução de problemas e a melhoria do pensamento crítico.

E.1.2 Fomenta o desenvolvimento de princípios e normas de conduta responsáveis e conscientes, individuais e



individuais e coletivos.

E2 – Dimensão Conhecimento / Para cada item avaliativo deve ser atribuído um conceito semi-qualitativo: Insuficiente (I), suficiente (S) e mais que suficiente (MS). \*

	I (Insuficiente)	S (Suficiente)	MS sufi
E.2.1 Sugere uma abordagem contextualizada de temas atuais, relacionados com os conhecimentos prévios dos alunos, com o seu dia-a-dia e propõe a discussão de temas científicos em função da sua utilidade social.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
E.2.2 Sugere situações em que diferentes realidades sociais estão na origem de novas			





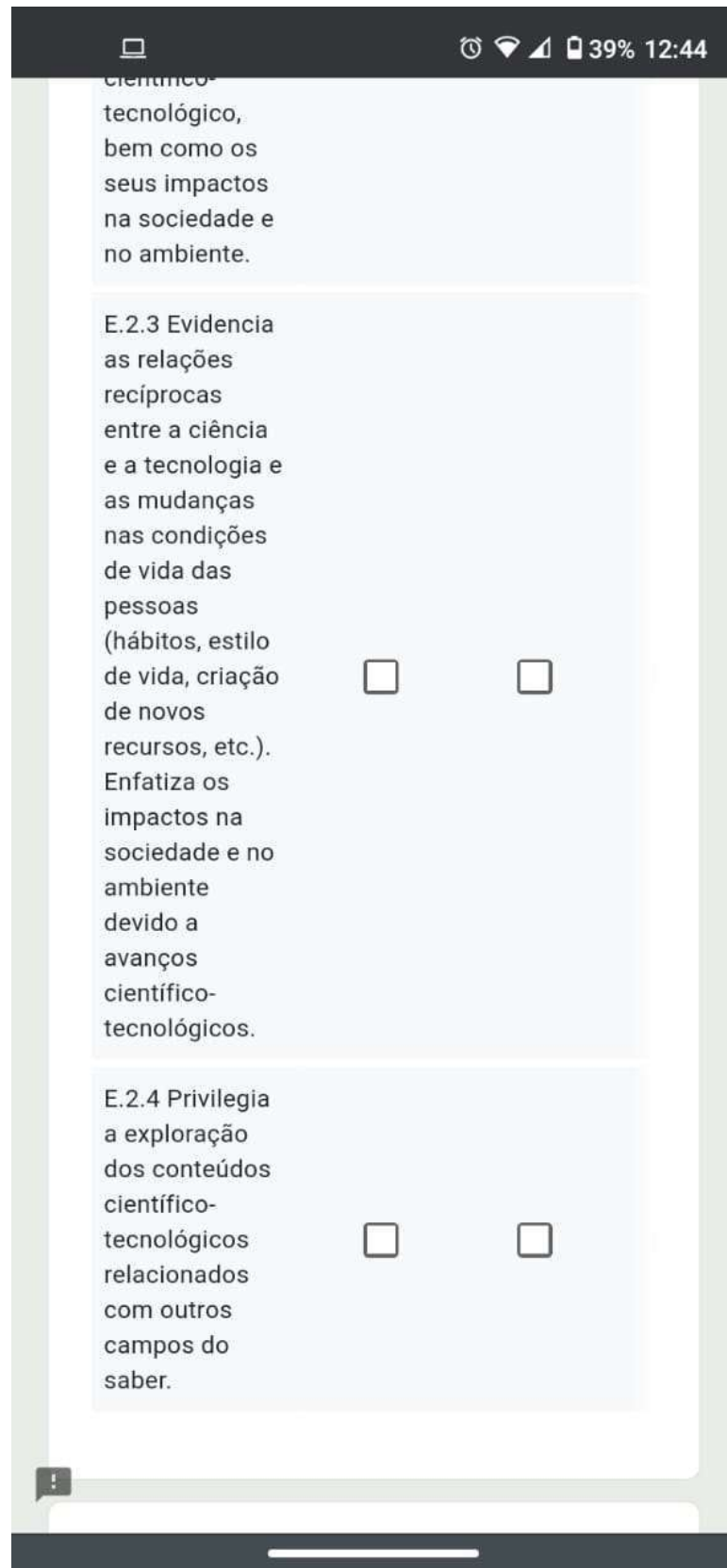
discussão de temas científicos em função da sua utilidade social.

E.2.2 Sugere situações em que diferentes realidades sociais estão na origem de novas descobertas científicas e inovações tecnológicas (questões éticas, desigualdades socioculturais). Aborda as vantagens e os limites do conhecimento científico-tecnológico, bem como os seus impactos na sociedade e no ambiente.



E.2.3 Evidencia as relações recíprocas entre a ciência e a tecnologia e as mudanças nas condições de vida das pessoas







E3 – Dimensão Procedimento / Para cada item avaliativo deve ser atribuído um conceito semi-qualitativo: Insuficiente (I), suficiente (S) e mais que suficiente (MS).\*

I S  
(Insuficiente) (Suficiente)

E.3.1 Incentiva o aluno para a utilização/manipulação de diferentes recursos dentro e fora da sala de aula.

E.3.2 Propõe a realização de atividades práticas, experimentais, laboratoriais.

E.3.3 Envolve ativamente o aluno em atividades de debates, resolução de problemas, discussões, pesquisas sobre questões.

F – ESTRATÉGIAS DE ACIONAMENTO DO INTERESSE DO ALUNOS NO CONTEXTO



## F – ESTRATÉGIAS DE ACIONAMENTO DO INTERESSE DO ALUNOS NO CONTEXTO REMOTO

Neste item pretendemos avaliar se o projeto tem potencial para promover a aprendizagem dos discentes, visto o momento pandêmico vivenciado por todos.

Para cada item avaliativo deve ser atribuído um conceito semi-qualitativo: Insuficiente (I), suficiente (S) e mais que suficiente (MS).

\*

I S  
(Insuficiente) (Suficiente)

F.1 A utilização do Padlet é uma boa estratégia para que os discentes identifiquem os pontos principais da nanociência/nanotecnologia.

F.2 A utilização do Kahoot é uma boa estratégia para que os discentes demonstrem a aprendizagem dos conceitos de interação intermolecular propostos na aula teórica.



F.3 A utilização de um formulário logo após a experimentação é uma boa estratégia para que os discentes selecionem os principais pontos de aprendizagem.

F.4 A experimentação com materiais cotidianos é uma boa estratégia para relacionar com conceitos nanotecnológicos.

F.5 A produção de um material, após a aplicação do experimento, é uma boa estratégia para que os discentes organizem de forma sistematizada os pontos principais da nanociência/nanotecnologia frente à experimentação.

F.6 A Webinar com um especialista promove um ganho para a alfabetização científica.

F.7 A produção de vídeos como finalização do projeto demonstra o conhecimento

F.7 A produção de vídeos como finalização do projeto demonstra o conhecimento adquirido ao longo do mesmo.

F.8 O experimento/atividade e problematizada seria capaz de ser aplicada em uma escola sem muita infraestrutura.

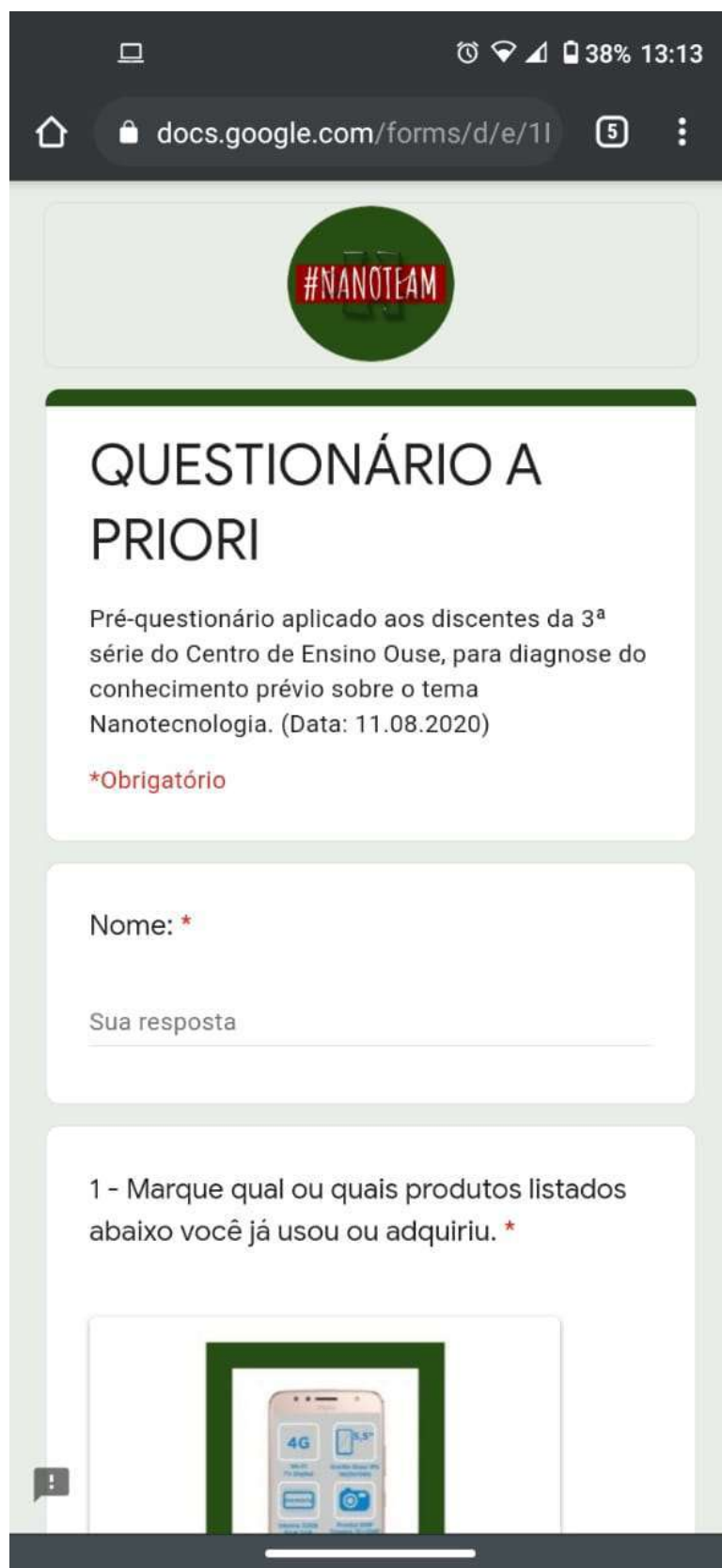
F.9 O projeto desenvolvido permite ao docente ministrar de forma lúdica o conteúdo de interações intermoleculares associado a conceitos nanotecnológicos utilizando o preparo de alimento.

OBSERVAÇÕES: Justificar os maiores e menores valores de suficiência atribuídos aos critérios de avaliação evidenciando os pontos fortes e fracos do projeto. Sugerir mudanças para minimizar os pontos fracos evidenciados pelo avaliador. \*



Sua resposta

## APÊNDICE VIII. Questionário a *Priori*



The image shows a mobile browser interface displaying a Google Form. At the top, the browser's address bar shows the URL 'docs.google.com/forms/d/e/11'. The form's header features a green circular logo with the text '#NANOTEAM'. The main title of the form is 'QUESTIONÁRIO A PRIORI'. Below the title, a descriptive paragraph states: 'Pré-questionário aplicado aos discentes da 3ª série do Centro de Ensino Ouse, para diagnose do conhecimento prévio sobre o tema Nanotecnologia. (Data: 11.08.2020)'. A red asterisk indicates that the form is mandatory (\*Obrigatório). The first question is 'Nome: \*', followed by a text input field labeled 'Sua resposta'. The second question is '1 - Marque qual ou quais produtos listados abaixo você já usou ou adquiriu. \*'. Below this question, there is a placeholder image of a smartphone displaying various app icons, including '4G', '5G', 'Mensagens', and 'Configurações'.





1 - Marque qual ou quais produtos listados abaixo você já usou ou adquiriu. \*



Aparelho celular



Bebedouro





Biscoito recheado



Creme dental



Fita adesiva





Hidratante corporal



Protetor Solar




Sabonete para acnes



📶 38% 13:14

Secador de cabelo



Tecido impermeável

2 - Você já observou que no rótulo dos produtos que você listou aparece o termo NANO? \*

	SIM	NÃO
Aparelho celular	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Bebedouro	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Biscoito recheado	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Creme dental	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Fita adesiva	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Hidratante corporal	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>



Hidratante corporal

Protetor solar

Sabonete para acnes

Secador de cabelo

Tecido impermeável

⚠️ Esta pergunta exige uma resposta por linha

3 - Você sabe o que significa o prefixo NANO no rótulo dos produtos que você listou? \*

SIM

NÃO

4 - Caso tenha marcado sim, o que você entende pelo termo NANO?

Sua resposta \_\_\_\_\_



5 - Numa escala de 1 a 5, onde 5 é o mais

5 - Numa escala de 1 a 5, onde 5 é o mais importante e 1 o menos importante. Para você, quais as vantagens/benefícios que os produtos adquirem ao possuírem a tecnologia NANO em relação ao seu similar sem o uso da nanotecnologia? \*

	1	2	3	4
Reduz o gasto com matéria prima.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Amplia a vida útil do produto.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Melhora a funcionalidade do produto.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Impulsiona o crescimento de outros setores da indústria.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Reduz as dimensões do produto.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

6 - Numa escala de 1 a 5, onde 5 é o mais importante e 1 o menos importante. Das áreas listadas abaixo, a partir do seu ponto de vista, em qual ou em quais delas você

6 - Numa escala de 1 a 5, onde 5 é o mais importante e 1 o menos importante. Das áreas listadas abaixo, a partir do seu ponto de vista, em qual ou em quais delas você julga ser importante a discussão sobre nanotecnologia? \*

	1	2	3
Aeronáutica	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Agricultura	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Alimentício	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Automotiva	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Cosmético	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Construção Civil	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Eletrônica	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Esportivo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Farmacologia	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Medicina	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Meio Ambiente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>



Medicina

Meio Ambiente

Mineradora

Naval

Pecuária

Petrolífera

Siderúrgico/Metalúrgico

Têxtil

⚠️ Esta pergunta exige uma resposta por linha

7 - Para a(s) resposta(s) que teve/tiveram a nota 5 atribuída, por que você acredita que essa seja a melhor área para o estudo e aprofundamento da NANOTECNOLOGIA?

Sua resposta \_\_\_\_\_

**Enviar**

Nunca envie senhas pelo Formulários Google.

Este formulário foi criado em [CENTRO DE ENSINO QUES](#)

## APÊNDICE IX. Questionário pós *Jigsaw Classroom*



QUESTIONÁRIO PÓS APLICAÇÃO DO MÉTODO JIGSAW CLASSROOM

Questionário aplicado aos discentes da 3ª série do Centro de Ensino Ouse, para a diagnose do conhecimento adquirido pelos discentes após a utilização do Método Jigsaw. (Data: 18.08.2020)

**\*Obrigatório**

1- Em relação ao que você vivenciou utilizando o método Jigsaw Classroom: Relembrando, foram as ações utilizadas na semana anterior, com os grupos de base, especialistas e Padlet.

Aponte três pontos positivos. \*

Sua resposta

Aponte três pontos negativos. \*



Aponte três pontos negativos. \*

Sua resposta

---

2 - O que você achou sobre a utilização do Padlet como produto desta etapa de aprendizagem? \*

Sua resposta

---

3 - Que outra dinâmica/modelo de aula você sugere para abordar o conteúdo sobre Nanociência/Nanotecnologia? \*

Sua resposta

---

4 - O que você achou do PDF enviado para nortear o grupo de base? \*

O PDF sobre os conteúdos divididos em 5 partes sobre nanotecnologia.

Sua resposta

---



5 - Qual foi seu grupo de base? \*



4 - O que você achou do PDF enviado para nortear o grupo de base? \*

O PDF sobre os conteúdos divididos em 5 partes sobre nanotecnologia.

Sua resposta

---

5 - Qual foi seu grupo de base? \*

- Equipe 1: Henrique Sasso, Pedro Marim, Bruno Marim, Gabriel Pessoti e Rhuan Gomes.
- Equipe 2: Kaylane Badiani, Guilherme Coffler, M<sup>a</sup> Victória, Loyse Carvalho e M<sup>a</sup> Luiza.
- Equipe 3: Murilo Rissari, Lucas Chaves, Victor Queiroz, Nicollas Gaigher e Ângelo Camatta.
- Equipe 4: Ana Carolina, Priscila Quiuqui, Luiza Castilhoni, Maria Eduarda, Wendry Fiorino e Vanessa Benincá.

**Enviar**

Nunca envie senhas pelo Formulários Google.

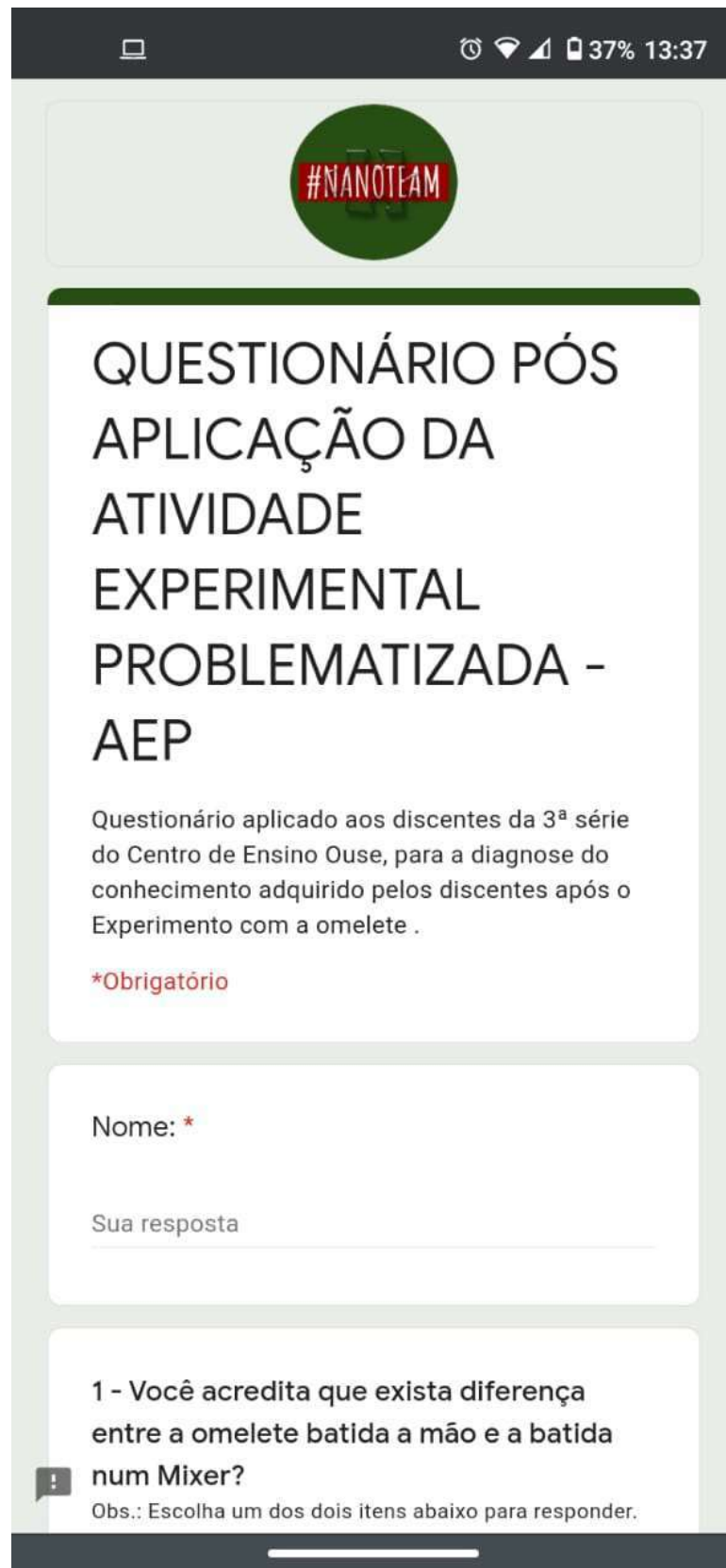
Este formulário foi criado em CENTRO DE ENSINO OUSE.

[Denunciar abuso](#)

Google Formulários



## APÊNDICE X. Questionário pós experimento AEP



The image shows a mobile application interface for a questionnaire. At the top, there is a dark status bar with icons for a laptop, alarm, Wi-Fi, signal strength, battery (37%), and time (13:37). Below this is a green circular logo with the text "#NANOTEAM". The main title of the questionnaire is "QUESTIONÁRIO PÓS APLICAÇÃO DA ATIVIDADE EXPERIMENTAL PROBLEMATIZADA - AEP". Below the title, there is a paragraph explaining that the questionnaire is for 3rd grade students at the Ouse Teaching Center, aimed at diagnosing their knowledge after an omelette experiment. A red asterisk indicates that the questionnaire is mandatory. There is a text input field for the user's name, followed by a question: "1 - Você acredita que exista diferença entre a omelete batida a mão e a batida num Mixer?". Below the question, there is a note: "Obs.: Escolha um dos dois itens abaixo para responder."

#NANOTEAM

### QUESTIONÁRIO PÓS APLICAÇÃO DA ATIVIDADE EXPERIMENTAL PROBLEMATIZADA - AEP

Questionário aplicado aos discentes da 3ª série do Centro de Ensino Ouse, para a diagnose do conhecimento adquirido pelos discentes após o Experimento com a omelete .

**\*Obrigatório**

Nome: \*

Sua resposta

1 - Você acredita que exista diferença entre a omelete batida a mão e a batida num Mixer?

Obs.: Escolha um dos dois itens abaixo para responder.



**1 - Você acredita que exista diferença entre a omelete batida a mão e a batida num Mixer?**

Obs.: Escolha um dos dois itens abaixo para responder.

Sim. Por quê?

Sua resposta \_\_\_\_\_

Não. Por quê?

Sua resposta \_\_\_\_\_

**2 - A compreensão do conteúdo sobre interação intermolecular: \***

- Tornou-se mais fácil apenas com a aula teórica.
- Tornou-se mais fácil apenas com a aplicação do experimento.
- Tornou-se mais fácil com a aula teórica seguida do experimento, complementarmente.
- Tornou-se mais difícil.
- Não fez diferença.





3 - De que forma as interações intermoleculares são capazes de influenciar substâncias e misturas macroscopicamente? \*

Sua resposta \_\_\_\_\_

4 - Como o experimento AEP (Abordagem Experimental Problematizada) te ajudou a compreender o conteúdo Nanociência/Nanotecnologia? \*

Sua resposta \_\_\_\_\_

5 - Em relação ao que você vivenciou utilizando a AEP - Atividade Experimental Problematizada:

Aponte três pontos positivos. \*

Sua resposta \_\_\_\_\_

Aponte três pontos negativos. \*

! Sua resposta \_\_\_\_\_







1 - Em que setores a nanotecnologia pode ser aplicada? \*

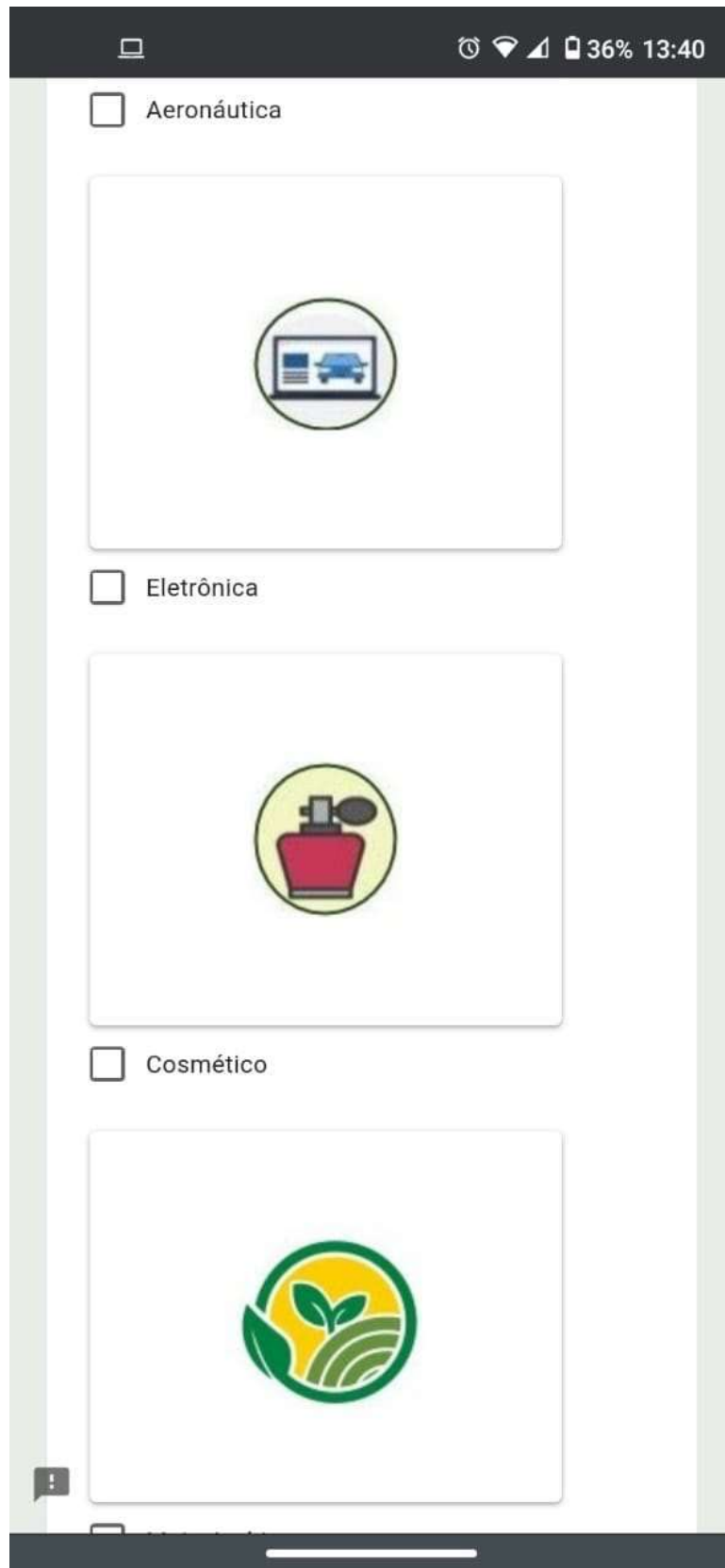


Agricultura



Medicina







Meio Ambiente



Têxtil



Pecuária





Alimentício




Farmacologia




Esportivo




Siderúrgico/Metalúrgico

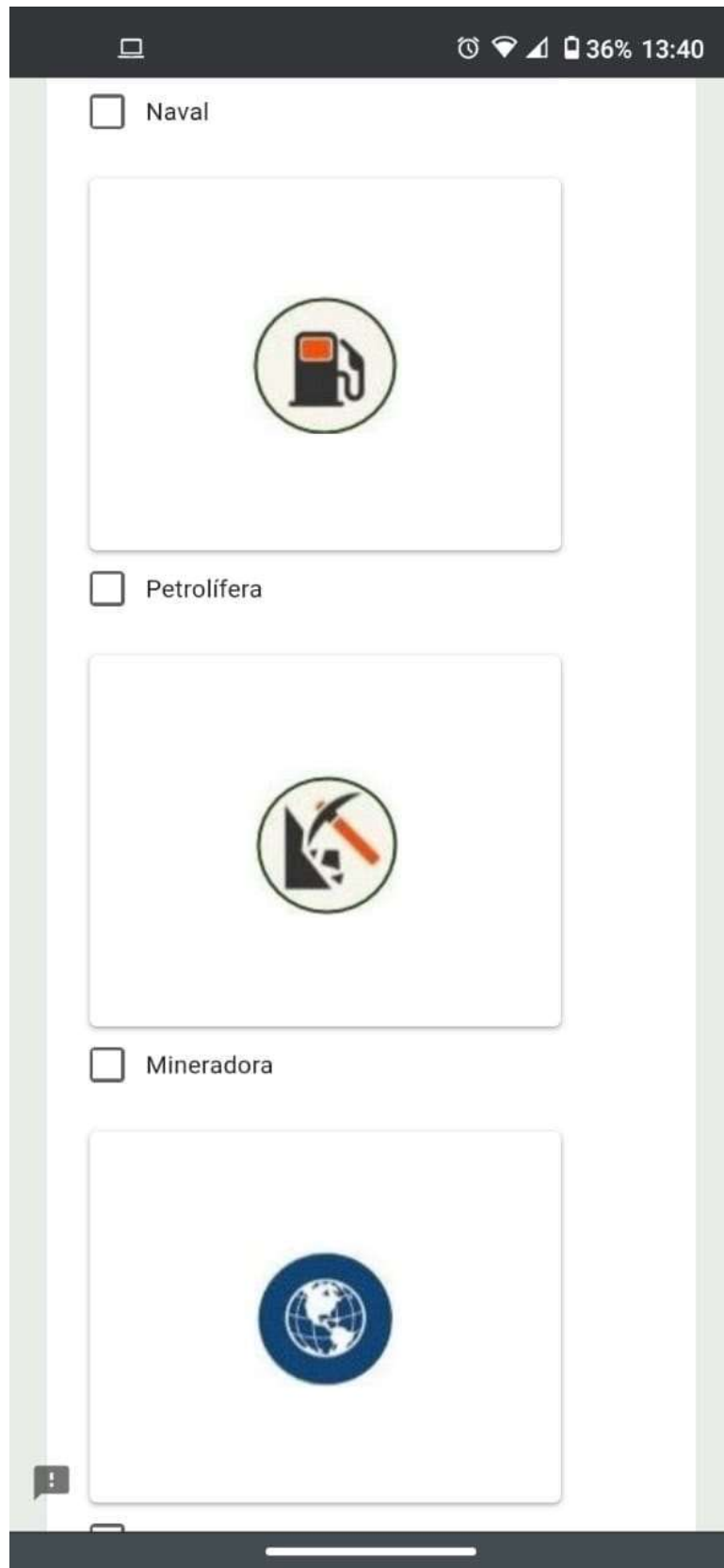


Automotiva




Construção Civil







docs.google.com/forms/d/e/11



Outros

2 - Quais os benefícios da nanotecnologia para os segmentos que você listou acima? \*

- Melhora o desempenho dos ativos.
- Aumenta a resistência dos produtos.
- Agrega valor à vida útil do produto.
- Diminui o desperdício de matéria-prima.
- Amplia a percepção sensorial do produto.
- Entrega mais efetiva de medicamentos.
- Melhoria na qualidade dos exames de imagem.
- Cirurgias menos invasivas.
- Despoluição de águas.
- Melhoria na capacidade de conversão do CO<sub>2</sub>.
- Menor uso de pesticidas na agricultura.



3 - Um "nano chip" é assim chamado apenas por possuir menor tamanho visível comparado aos outros chips disponíveis no mercado? Explique. \*



Sua resposta

---

4 - Para você o impacto que a nanotecnologia tem no seu cotidiano é:  
Obs.: Escolha um dos três itens abaixo para responder.

Pequeno. Por quê?

Sua resposta

---

⋮ Médio. Por quê?



Médio. Por quê?

Sua resposta

---

Grande. Por quê?

Sua resposta

---

**5 - Você acredita que a Nanotecnologia deve ser abordada no Ensino Médio?**

Obs.: Escolha um dos dois itens abaixo para responder.

Sim. Por quê?

Sua resposta


---

Não. Por quê?

Sua resposta

---

**Enviar**

 Nunca envie senhas pelo Formulários Google.

Este formulário foi criado em CENTRO DE ENSINO OLIVEIRA

## APÊNDICE XII. Infográfico utilizado na aplicação do Jigsaw Classroom.



# JIGSAW CLASSROOM

## GRUPO DE BASE

Se você está com a parte 1, clique no quadro ao lado e leia o texto sobre a história da nanotecnologia.

01



02

Se você está com a parte 2, clique na lupa ao lado e leia o texto sobre a importância do tamanho.

Se você está com a parte 3, clique no carrinho de supermercado ao lado e leia sobre os produtos nanotecnológicos.

03



04

Se você está com a parte 4, clique nos livros ao lado e leia o artigo sobre nanociência e ensino médio.

Se você está com a parte 5, clique no coração ao lado e depois na lâmpada e assista aos vídeos sobre nanotecnologia.

05



**MATERIAL DE APOIO:** [Cartilha ABDI](#)

**PRODUTO DO JIGSAW:** [Padlet](#)

# APÊNDICE XIII. Infográfico utilizado na aula teórica sobre interação intermolecular.



## INTERAÇÕES INTERMOLECULARES

### INTRODUÇÃO

Quando moléculas, átomos ou íons aproximam-se uns dos outros, dois fenômenos podem ocorrer: (i) eles podem reagir ou (ii) eles podem interagir. Uma reação química por definição requer que ligações químicas sejam quebradas e/ou formadas [...]. Uma interação química significa que as moléculas se atraem ou se repelem entre si, sem que ocorra a quebra ou formação de novas ligações químicas. Estas interações são frequentemente chamadas de interações não covalentes ou interações intermoleculares. [...]

Deseja continuar essa leitura?  
Clique na lupa.



Tive uma ideia! Clique nela para lembrar sobre polaridade.



Deseja lembrar sobre ligações químicas?  
Clique nos livros.

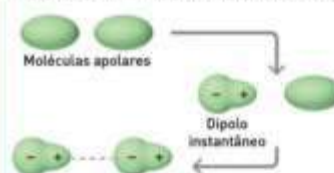
Deseja saber mais sobre interações químicas?  
Clique no celular.



PRODUTO DA AULA TEÓRICA: KAHOOT

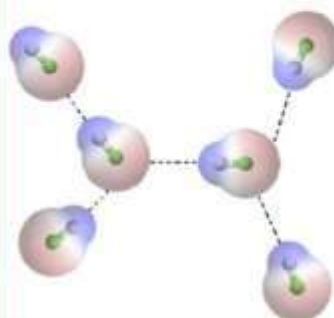
### DIPOLO INDUZIDO

Ocorre entre moléculas apolares.



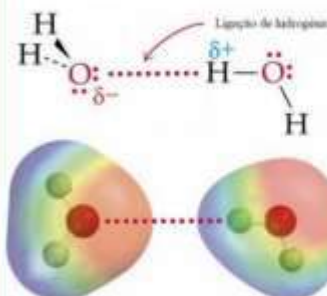
### DIPOLO PERMANENTE

Ocorre entre moléculas polares.



### LIGAÇÃO DE HIDROGÊNIO

Ocorre entre moléculas que possuem H ligado a F, O e N.





## APÊNDICE XIV. Infográfico utilizado na aplicação da AEP.



# ROTEIRO EXPERIMENTAL INVESTIGAÇÃO AEP



## DISCUSSÃO PRÉVIA

O ovo é um dos alimentos mais completos da dieta humana [...]. É constituído por quatro partes principais: casca, membrana da casca, gema e clara ou albúmen. A clara representa cerca de 67% do peso líquido do ovo [...]. A principal proteína da clara é ovoalbumina, que representa 54% do total proteico, [...] **Ler mais**

## OBJETIVOS EXPERIMENTAIS

- Relacionar as diferentes formas de agitação com o tamanho das gotículas de ar;
- Observar a influência do tamanho das gotículas de ar sobre propriedades macroscópicas do alimento - sabor e textura;
- Correlacionar conceitos nanotecnológicos associados ao conteúdo de interações intermoleculares;
- Preparar uma omelete sob diferentes situações.



## MATERIAIS

- Ovos
- Sal
- Prato
- Garfo
- Mixer
- Tigela
- Frigideira
- Fogão



## PROPOSIÇÃO DO PROBLEMA

É possível compreender conceitos da nanotecnologia e de interação intermolecular ao preparar uma omelete?

## DIRETRIZES METODOLÓGICAS

**PRIMEIRA ETAPA:** Ovos batidos à mão. Num prato e utilizando um garfo para agitação dos ovos, bata delicadamente até formar uma emulsão, como fazemos no cotidiano. Observe a formação das bolhas de ar e anote suas percepções. Coloque na frigideira e prepare a omelete.



**SEGUNDA ETAPA:** Ovos batido no Mixer. Numa vasilha apropriada, bata os ovos utilizando um aparelho mixer, a fim de aumentar a velocidade de agitação da emulsão. Observe a formação e estabilidade das bolhas de ar. Anote suas considerações. Coloque na frigideira e prepare a omelete.



**TERCEIRA ETAPA:** Adicionando sal em ambas as emulsões. Repita os procedimentos anteriores, agora, com a adição de sal na solução. Observe o comportamento das bolhas de ar e da massa mais densa da omelete (composta pelas proteínas). Prepare em frigideira e compare sabor e textura de ambas as omeletes. Anote suas percepções.



**Observações:** Faça o possível para manter um procedimento padrão no preparo das omeletes, considerando o tempo de preparo e de fritura.

## APÊNDICE XV. Texto complementar utilizado pelos discentes sobre interação intermolecular.

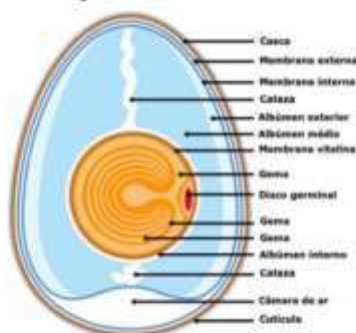


### ROTEIRO EXPERIMENTAL - INVESTIGAÇÃO AEP

#### 1. INTRODUÇÃO

O ovo é um dos alimentos mais completos da dieta humana, apresenta uma composição rica em vitaminas, minerais, ácidos graxos e proteínas de excelente valor biológico.<sup>1</sup> É constituído por quatro partes principais; casca, membrana da casca, gema e clara ou albúmen (Fig. 1). Além disso, possui outras partes em menor proporção: o disco germinativo, a calaza, a câmara de ar, a cutícula e as membranas da casca.<sup>2</sup>

Figura 1: Estrutura do ovo.



Fonte: Almeida et. al., 2017.

A clara ou albúmen representa cerca de 67% do peso líquido do ovo. Em torno de 88% do albúmen é água. O resto é constituído, basicamente, por proteínas. A principal proteína da clara é ovoalbumina, que representa 54% do total proteico, o restante é composto por conalbumina, ovomucoide, ovomucina e lisozima. Há dois tipos de albúmen: o denso, mais próximo da gema; e o fluido, mais próximo da casca. À medida que o ovo envelhece, a clara vai se liquidificando. A proteína ovomucina é a responsável por organizar o líquido viscoso, dando-lhe alguma coesão, fazendo com que a clara não escorra como a água.<sup>3,4,5</sup>

A gema representa um terço do volume do ovo sem casca. É composta por 50% de água, 34% de lipídeos, 16% de proteínas, vitaminas A, D, E, K e do complexo B, glicose e sais minerais. A fase líquida é uma solução de água com várias proteínas (livetinas) em suspensão, organizadas em pequenos grânulos. Contém também lecitina, que é um lipídeo emulsificante, estabilizante de misturas de água e óleo. A gema também é rica em pigmentos como os carotenoides e a riboflavina. Os carotenoides são fontes biodisponíveis de luteína e zeaxantina.

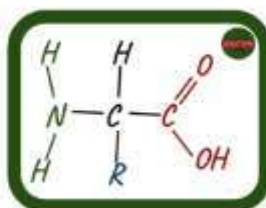


### 1.1 PROTEÍNAS

As proteínas são polímeros formados a partir da condensação de aminoácidos. Mesmo apresentando estruturas e funções tão diversificadas, elas são sintetizadas usando apenas 20 aminoácidos diferentes. Apesar do número relativamente pequeno de aminoácidos, a possibilidade de combinação para formar proteínas é muito grande.<sup>6</sup>

Os aminoácidos são compostos de função mista de ácido carboxílico e amina. O radical R é um grupo substituinte que pode ser um simples átomo de hidrogênio, mas também pode ser substituído por grupos complexos. Podemos observar essa estrutura na figura 2 a seguir.

Figura 2: Estrutura básica de um aminoácido.

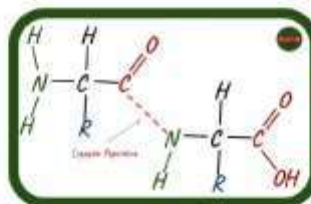


Fonte: Própria.

As propriedades físicas das cadeias laterais R dos aminoácidos, principalmente o fato de algumas delas terem afinidade pela água e outras não, são importantes para a conformação das proteínas e, portanto, para sua função. Os aminoácidos formados por cadeias apolares são chamados de hidrofóbicos e, os formados por cadeias polares, hidrofílicos.<sup>6</sup>

As proteínas são compostos formados por reação de polimerização de um número muito grande de  $\alpha$ -aminoácidos. Essa polimerização se dá quando um ácido carboxílico de um aminoácido reage com uma amina de outro aminoácido, formando uma amida. Essa ligação formada durante esse processo é denominada ligação amídica ou ligação peptídica. Observa-se a seguir um exemplo de estrutura polimérica (Fig. 3).

Figura 3: Exemplo de ligação peptídica.



Fonte: Própria.

A principal proteína do ovo é a albumina (Fig. 4). As albuminas apresentam como principal propriedade, que as distingue de todas as outras proteínas, a sua solubilidade em água. Exemplos de albumina incluem a clara do ovo (ovoalbumina), do leite (lactalbumina) e de

ervilhas (legumitina).<sup>7</sup> Quando em solução, a ovoalbumina pode ser desnaturada por agitação e, pode também, coagular por aquecimento. Vale salientar que o processo de desnaturação, ocorre devido à alteração da conformação tridimensional nativa da proteína. Dessa maneira, essa reação se concretiza quando as proteínas são submetidas a fatores físicos como: alteração da temperatura e estresse mecânico, estes atuam destruindo suas propriedades fisiológicas. Também, podem ser causados por agentes químicos como: ácidos e bases fortes, solventes orgânicos, íons de metais pesados, agentes redutores e detergentes. Estes, não afetam a sequência dos aminoácidos, porém causam modificações na molécula, tendo como consequências a insolubilização das proteínas e, sobretudo, prejudicando o processo de cristalização desses compostos. A desnaturação pode ser ou não um processo reversível, tudo vai depender do grau de alteração que ocorreu na estrutura da proteína.<sup>8</sup>

Figura 4: Exemplo da proteína Ovoalbumina.



Fonte: Própria.

## 2. OBJETIVOS

- Relacionar as diferentes formas de agitação com o tamanho das gotículas de ar;
- Observar a influência do tamanho das gotículas de ar sobre propriedades macroscópicas do alimento - sabor e textura;
- Correlacionar conceitos nanotecnológicos associados ao conteúdo de interações intermoleculares;
- Preparar uma omelete sob diferentes situações.

## 3. PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

### 3.1 MATERIAIS

- Ovos
- Sal



- Prato
- Garfo
- Mixer
- Tigela
- Frigideira
- Fogão

## 3.2 PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

### 3.2.1 Primeira Etapa: Ovos batidos à mão.

Num prato e utilizando um garfo para a agitação dos ovos, bata delicadamente até formar uma emulsão, como comumente fazemos no cotidiano. Observe a formação das bolhas de ar e anote suas percepções. Coloque na frigideira e prepare a omelete.

### 3.2.2 Segunda Etapa: Ovos batido no mixer.

Numa vasilha apropriada, bata os ovos utilizando um aparelho mixer, a fim de aumentar a velocidade de agitação da emulsão. Observe a formação e estabilidade das bolhas de ar. Anote suas considerações. Coloque na frigideira e prepare a omelete.

### 3.2.3 Terceira Etapa: Adicionando sal em ambas as emulsões.

Repita os procedimentos anteriores, agora, com a adição de sal na solução. Observe o comportamento das bolhas de ar e da massa mais densa da omelete (composta pelas proteínas). Prepare em frigideira e compare sabor e textura de ambas as omeletes. Anote suas percepções.

*Observações: Faça o possível para manter um procedimento padrão no preparo das omeletes, considerando o tempo de preparo e de fritura.*

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

<sup>1</sup> RÊGO, I.O.P.; CANÇADO, S.V; FIGUEIREDO, T.C.; MENEZES, L.D.M.; OLIVEIRA, D.D.; LIMA, A.L.; CALDEIRA, L.G.M.; ESSER, L.R. Influência do período de armazenamento na qualidade do ovo integral pasteurizado refrigerado. Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia, v. 64, n. 3, p.735-742. 2012. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0102-09352012000300027&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0102-09352012000300027&script=sci_arttext)> Acesso em 24 fev 2020.

<sup>2</sup> ALCÂNTARA, Juliana Bonifácio de. Qualidade físico-química de ovos comerciais: avaliação e manutenção da qualidade. Goiânia. 2012. 31f. Seminários aplicados 23 (Doutorado em Ciência Animal) Universidade Federal de Goiás – Escola de Veterinária e Zootecnia de Goiânia, 2012.

<sup>3</sup> COTTA, Tadeu. Galinha: produção de ovos. Viçosa: Aprenda Fácil, 2002. 227 p.



<sup>4</sup> AQUINO, Débora Rodrigues de. Embalagem e tempo de armazenamento sobre a qualidade de ovos vermelhos mantidos em refrigerador. 2016.32f. Monografia (Graduação em Zootecnia) – Faculdade de Zootecnia – Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2016.

<sup>5</sup> SARCINELLI, Miryelle Freire; VENTURINI, Katiani Silva; SILVA, Luís César da. Características dos Ovos. Universidade Federal do Espírito Santo – UFES. 2007.

<sup>6</sup> FRANCO, Dalton. FTD sistema de ensino: SIM: ensino médio: Química: 3a série: Livro do professor/ Dalton Franco. 1. Ed. São Paulo, 2014.

<sup>7</sup> ROTH, Klaus. Proteins Present in Egg White.2012. Chemie in unserer Zeit/Wiley- VCH. Disponível em: <<https://www.chemistryviews.org/details/ezine/1492619/>>. Acesso em: 07 mar 2020.


<sup>8</sup> MOTTA Valter T. Bioquímica básica; 2a edição; 2011.

APÊNDICE XVI. Slides utilizados nas aulas sobre proteínas.



# Proteínas

POR CAROL BERGER



## O que é uma proteína?

As proteínas, cujo nome vem da palavra grega *protos*, que significa "a primeira" ou a "mais importante", são as biomoléculas mais abundantes nos seres vivos, estando presentes em todas as partes de uma célula.



## O que é uma proteína?

Proteínas são polímeros cujas unidades constituintes fundamentais são os aminoácidos.





## O que é um polímero?

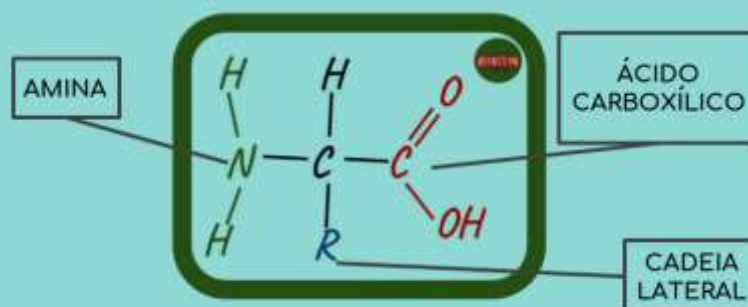
Polímeros são macromoléculas formadas pela união de substâncias simples, chamadas monômeros.



## O que é um aminoácido?

Aminoácidos são moléculas orgânicas que possuem ligadas ao mesmo átomo de carbono um átomo de hidrogênio, um grupo amina, um grupo carboxílico e uma cadeia lateral.

## O que é um aminoácido?





## *Qual a função da proteína?*

As proteínas assumem uma diversidade de funções biológicas, com propriedades e atividades fantásticamente distintas, como em músculos, cabelos, unhas, penas de pássaros, anticorpos, dentre outros, cada qual exibindo um papel biológico.



## *E como são as cadeias laterais?*

As propriedades físicas das cadeias laterais R dos aminoácidos, principalmente o fato de algumas delas terem afinidade pela água e outras não, são importantes para a conformação das proteínas e, portanto, para sua função.



## *E como são as cadeias laterais?*

Os aminoácidos formados por cadeias apolares são chamados de hidrofóbicos e, os formados por cadeias polares, hidrofílicos.



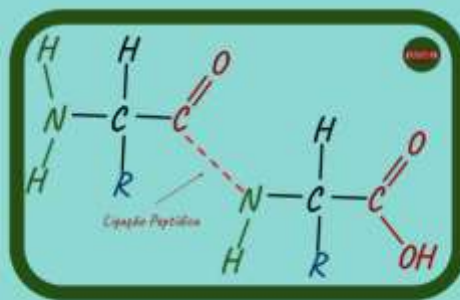
## Qual a ligação química da proteína?

Os aminoácidos presentes nas moléculas de proteínas são ligados covalentemente uns aos outros por uma ligação denominada de ligação peptídica.

## O que é ligação peptídica?

Essa ligação é formada por uma reação de condensação entre o grupo carboxílico de um aminoácido e um grupo amina de outro aminoácido.

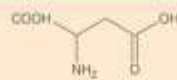
## O que é ligação peptídica?



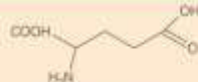
## Quantos aminoácidos existem?

Essencialmente, apenas 20 aminoácidos, são responsáveis por produzir todas as proteínas, seja qual for a forma de vida.

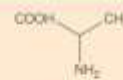
## Quantos aminoácidos existem?



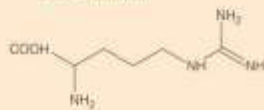
ácido aspártico



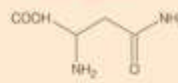
ácido glutâmico



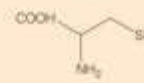
alanina



arginina

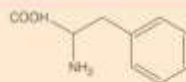


asparagina



cisteína

## Quantos aminoácidos existem?



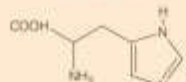
fenilalanina



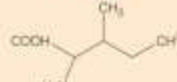
glicina



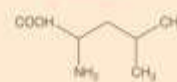
glutamina



histidina

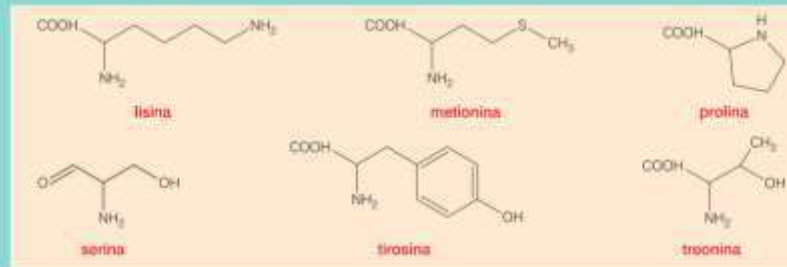


isoleucina

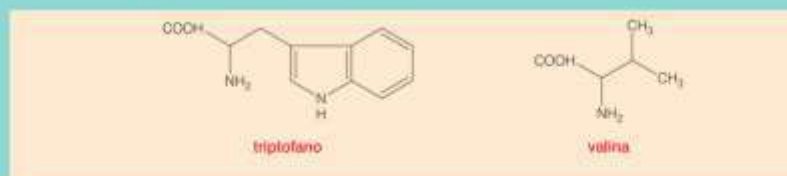


leucina

## Quantos aminoácidos existem?



## Quantos aminoácidos existem?



## Qual a conformação da proteína?

A sequência de aminoácidos de uma proteína é denominada de estrutura primária.



## *Qual a conformação da proteína?*

O termo estrutura secundária refere-se à conformação local de alguma porção de um polipeptídeo, ou seja, é o arranjo tridimensional de aminoácidos localizados mais próximos dentro da estrutura primária.



## *Qual a conformação da proteína?*

Já a estrutura terciária, por sua vez, é o arranjo espacial ou enovelamento de toda uma cadeia polipeptídica. A estrutura terciária inclui interações de aminoácidos bem mais distantes na cadeia primária.



## *Qual a conformação da proteína?*

A disposição de mais de uma cadeia polipeptídica – denominadas subunidades – na composição de uma mesma molécula de proteína é chamada de estrutura quaternária.

## Qual a conformação da proteína?



## O que é desnaturação da proteína?

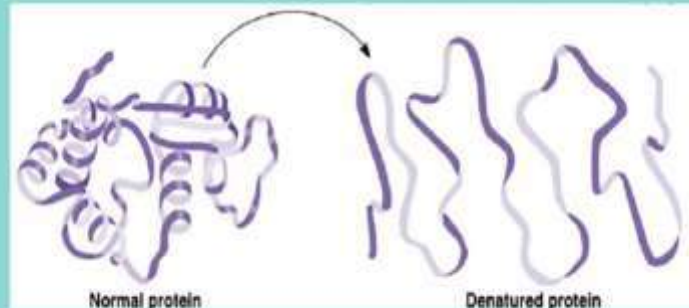
Cada proteína tem sua própria forma. Se a temperatura ou o pH do ambiente de uma proteína são alterados, ou se ela é exposta a substâncias químicas, essas interações podem ser interrompidas, fazendo com que a proteína perca sua estrutura...

## O que é desnaturação da proteína?

... tridimensional e torne-se uma seqüência de caracteres não-estruturada de aminoácidos. Quando uma proteína perde sua estrutura de ordem superior, mas não sua seqüência primária, é chamada de desnaturada.



## O que é desnaturação da proteína?



## O que é albumina?

A clara ou albúmen representa cerca de 67% do peso líquido do ovo. Em torno de 88% do albúmen é água. O resto é constituído, basicamente, por proteínas. A principal proteína da clara é a ovalbumina, que representa 54% do total proteico...

## O que é albumina?

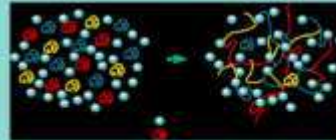
... o restante é composto por conalbumina, ovomucoide, ovomucina e lisozima. Há dois tipos de albúmen: o denso, mais próximo da gema; e o fluido, mais próximo da casca.





## Qual a propriedade da albumina?

As albuminas apresentam como principal propriedade, que as distingue de todas as outras proteínas, a sua solubilidade em água.



## Quais as modificações na albumina?

Quando em solução, a ovalbumina pode ser desnaturada por agitação e, pode também, coagular por aquecimento. Vale salientar que o processo de desnaturação, ocorre devido à alteração da conformação tridimensional nativa da proteína.



## Quais as modificações na albumina?

Dessa maneira, essa reação se concretiza quando as proteínas são submetidas a fatores físicos como: alteração da temperatura e estresse mecânico, estes atuam destruindo suas propriedades fisiológicas.



## *E se eu disser que...*

Esses e outros estudos a respeito das proteínas, utilizando o ovo que é um alimento fácil de ser adquirido, relacionado aos assuntos do currículo do ensino de química, principalmente interação intermolecular...

## *E se eu disser que...*

reforçam os objetivos dessa pesquisa, que é ensinar conceitos nanoparticulados por meio da experimentação.

O QUE ME DIZ?



## *Proposição do problema*

É possível compreender conceitos da nanotecnologia e de interação intermolecular ao preparar uma:

OMELETE?



## *Para isso...*

Encontro vocês online amanhã, às 15h, no google meet. Conectados, com a câmera ligada, na cozinha, em grupos se assim desejarem, e com todos os ingredientes

para uma boa **OMELETE?**



## *Os ovos*

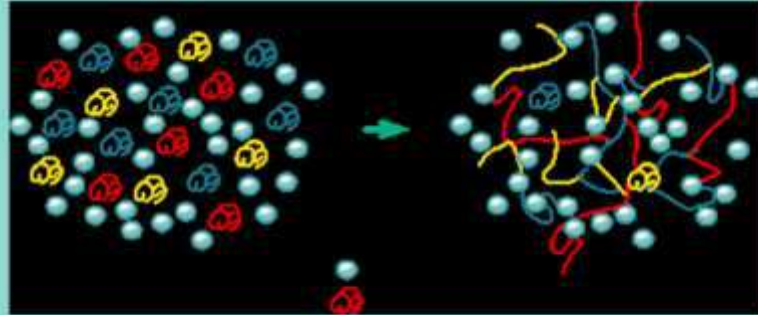
Os ovos têm uma propriedade invulgar: à temperatura ambiente, são líquidos; mas, quando são sujeitos à acção do calor, solidificam!



## *Os ovos*

Podemos imaginar as proteínas do ovo como fios, que se encontram normalmente enrolados em forma de novelo. As proteínas, com o aquecimento, desnaturam - desenrolam-se e ligam-se entre si formando uma rede - e o ovo coagula.

## Os ovos



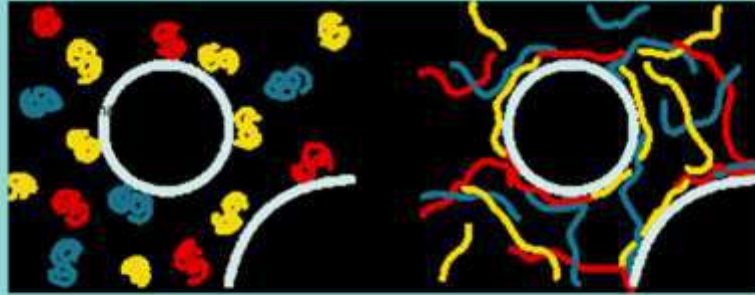
## Os ovos

Os ovos são quase sempre bem batidos, para incorporar ar na massa do bolo e o tornar mais leve. Frequentemente as claras são batidas em castelo. Quando o faz está a formar uma espuma, isto é uma dispersão de bolhas de ar num líquido.

## Os ovos

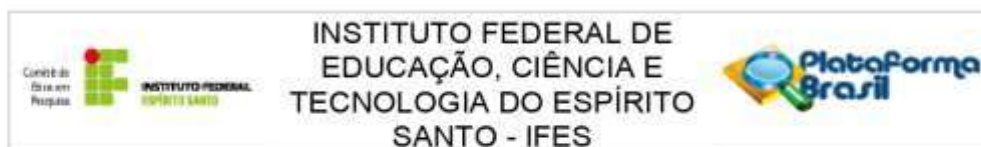
Esta espuma forma-se facilmente e é relativamente estável devido à viscosidade da clara e porque quando se bate ocorre a desnaturação de algumas das proteínas da clara do ovo (albuminas) o que contribui para reforçar a espuma.

## Os ovos



## **ANEXOS**

## ANEXO I. Parecer consubstanciado do Comitê de Ética e Pesquisa (CEP)



### PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

#### DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

**Título da Pesquisa:** ATIVIDADE EXPERIMENTAL PROBLEMATIZADA PARA DISCUTIR NANOCIÊNCIA E NANOTECNOLOGIA NO ENSINO DE QUÍMICA; ABORDAGEM DE CONCEITOS DE TAMANHO DE PARTÍCULAS E MACROMOLÉCULAS.

**Pesquisador:** CAROL DE SOUZA BERGER

**Área Temática:**

**Versão:** 2

**CAAE:** 27368619.6.0000.5072

**Instituição Proponente:** INSTITUTO FEDERAL DE EDUCACAO CIENCIA E TECNOLOGIA DO ESPIRITO

**Patrocinador Principal:** Financiamento Próprio

#### DADOS DO PARECER

**Número do Parecer:** 4.221.758

#### Apresentação do Projeto:

A pesquisa busca uma metodologia lúdica de introduzir conceitos relacionados às propriedades nanoparticuladas, mas envolvendo o preparo de omeletes. Por meio de diferentes formas de agitação buscamos alterar os tamanhos das gotículas de ar presentes na emulsão para fins de analisar a influência na textura e no sabor do alimento. Busca-se, principalmente, fazer com que os estudantes possam associar os conceitos vinculados às interações intermoleculares, sobre algumas propriedades nanoparticuladas e sua influência em propriedades macroscópicas. A proposta final é validar uma sequência didática como produto educacional a ser utilizado nas aulas de química do ensino médio.

#### Objetivo da Pesquisa:

O projeto tem como objetivo avaliar a influência de uma intervenção pedagógica lúdica sobre a compreensão da importância da nanotecnologia sob a ótica dos alunos do ensino médio.

Portanto, para atingir tal objetivo, será:

- Desenvolvido uma atividade experimental problematizadora com base no método Jigsaw classroom para o ensino/aprendizagem de conceitos nanoparticulados.;
- Preparado um roteiro experimental lúdico envolvendo o preparo de omeletes abordando o conteúdo de tamanho de partícula e macromoléculas;

**Endereço:** Avenida Rio Branco, nº 50  
**Bairro:** Santa Lúcia **CEP:** 29.056-255  
**UF:** ES **Município:** VITORIA  
**Telefone:** (27)3357-7518 **Fax:** (27)3331-2203 **E-mail:** etica\_pesquisa@ifes.edu.br



Continuação do Parecer: 4.221.758

- Associado as propriedades macroscópicas da omelete às propriedades nanoparticuladas, com base nas interações intermoleculares
- Avaliado a aprendizagem dos estudantes do ensino médio frente aos conceitos nanotecnológicos associados ao conteúdo de interações intermoleculares;
- Validado uma sequência didática como produto educacional a ser utilizado nas aulas de química do ensino médio.

**Avaliação dos Riscos e Benefícios:**

A pesquisadora informou corretamente os riscos envolvidos na pesquisa e as formas de mitigá-los. Sobre os benefícios a pesquisadora deixou bem claro quais serão para os alunos e a comunidade em geral.

**Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:**

Não há.

**Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:**

Todos os termos foram apresentados contendo todas as informações necessárias de acordo com a resolução vigente.

**Recomendações:**

Não há.

**Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:**

A pesquisadora sanou todas as pendências citando cada uma delas na carta resposta.

**Considerações Finais a critério do CEP:**

**Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:**

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_P ROJETO_1453880.pdf	04/08/2020 14:29:16		Aceito
Outros	Carta_resposta.pdf	04/08/2020 14:28:53	CAROL DE SOUZA BERGER	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento /	TCLE_MAIORES.pdf	03/08/2020 22:51:28	CAROL DE SOUZA BERGER	Aceito

**Endereço:** Avenida Rio Branco, nº 50  
**Bairro:** Santa Lúcia **CEP:** 29.056-255  
**UF:** ES **Município:** VITÓRIA  
**Telefone:** (27)3357-7518 **Fax:** (27)3331-2203 **E-mail:** etica.pesquisa@ifes.edu.br



Continuação do Parecer: 4.221.758

Justificativa de Ausência	TCLE_MAIORES.pdf	03/08/2020 22:51:28	CAROL DE SOUZA BERGER	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE.pdf	03/08/2020 22:51:14	CAROL DE SOUZA BERGER	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TALE.pdf	03/08/2020 22:51:01	CAROL DE SOUZA BERGER	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Projeto_Detalhado.pdf	25/07/2020 20:52:47	CAROL DE SOUZA BERGER	Aceito
Cronograma	Cronograma.pdf	25/07/2020 20:52:30	CAROL DE SOUZA BERGER	Aceito
Outros	Outros_Feedback.pdf	22/07/2020 22:13:48	CAROL DE SOUZA BERGER	Aceito
Outros	Outros_Posteriori.pdf	22/07/2020 22:13:21	CAROL DE SOUZA BERGER	Aceito
Outros	Outros_Priori.pdf	22/07/2020 22:12:44	CAROL DE SOUZA BERGER	Aceito
Folha de Rosto	folhaDeRosto.pdf	22/07/2020 22:01:51	CAROL DE SOUZA BERGER	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	CONSENTIMENTO.pdf	22/07/2020 21:41:59	CAROL DE SOUZA BERGER	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	IMAGEM_E_SOM.pdf	22/07/2020 21:41:20	CAROL DE SOUZA BERGER	Aceito
Declaração de Instituição e Infraestrutura	declaracao.pdf	26/12/2019 10:28:11	CAROL DE SOUZA BERGER	Aceito

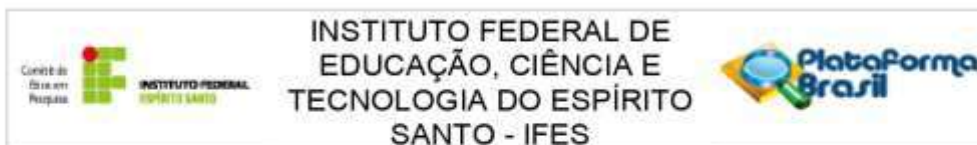
**Situação do Parecer:**

Aprovado

**Necessita Apreciação da CONEP:**

Não

**Endereço:** Avenida Rio Branco, nº 50  
**Bairro:** Santa Lúcia **CEP:** 29.056-255  
**UF:** ES **Município:** VITÓRIA  
**Telefone:** (27)3357-7518 **Fax:** (27)3331-2203 **E-mail:** etica.pesquisa@ifes.edu.br



Continuação do Parecer: 4.221.758

VITÓRIA, 18 de Agosto de 2020

---

**Assinado por:**  
**Felipe Moraes Addum**  
**(Coordenador(a))**

**Endereço:** Avenida Rio Branco, nº 50  
**Bairro:** Santa Lúcia **CEP:** 29.056-255  
**UF:** ES **Município:** VITÓRIA  
**Telefone:** (27)3357-7518 **Fax:** (27)3331-2203 **E-mail:** [etica.pesquisa@ifes.edu.br](mailto:etica.pesquisa@ifes.edu.br)

Página 04 de 04

## ANEXO II. Textos da Cartilha ABDI usados no projeto.

### Nano na história da ciência e do homem

Quando a nanotecnologia é discutida, algumas pessoas pensam que ela começou a existir no início dos anos 80. O que pode ser verdade em relação ao nome. Entretanto, a preocupação do homem com o "muito pequeno" já vem de séculos atrás. Mas, então, quando começou?

A história começa no século V a.C., com Leucipo de Mileto, considerado o mestre de Demócrito, que desenvolveu a teoria de que "tudo seria composto de partículas minúsculas indivisíveis e invisíveis a olho nu", os então chamados átomos.

Essas idéias chegaram até o século XIX, quando a noção da indivisibilidade do átomo foi acrescentada, por John Dalton (1803), à idéia de que os átomos seriam como "bolas de bilhar" e que os elementos eram constituídos por átomos do mesmo tipo. Nessa linha, Dalton enunciou que "os compostos eram constituídos de átomos com razões específicas", o que o levou às conhecidas Leis Ponderais de Dalton.

No início do século XX, entra em cena Ernest Rutherford (1908) propondo o modelo de átomo similar ao "sistema solar", depois de descobrir que os átomos eram constituídos, em sua maioria, de espaço vazio com um núcleo denso positivamente carregado e circundado por elétrons (negativos).

Finalmente, vem a contribuição de Niels Bohr (1915) que propôs o modelo pelo qual os elétrons giravam ao redor do núcleo em órbitas circulares e que somente algumas órbitas eram permitidas. Este modelo do átomo permitiu explicar o espectro de emissão do átomo de hidrogênio.

Essas contribuições mostram claramente que os homens de ciência há muito tempo vêm se preocupando com o "muito pequeno". Todavia, não foi só a ciência que avançou na direção do entendimento das relações entre tamanho e propriedades. Vários processos artesanais muito antigos se assemelham às nanofabricações de hoje. São notáveis os pigmentos feitos à base de metais e seus compostos, sobretudo ouro, cobre e ferro, que serviram para construir os maravilhosos vitrais de catedrais da Europa.

## Cartilha sobre nanotecnologia

Vitral da Catedral de Chartres,  
1300 d.C. (França)



Sabre feito em aço de Wootz  
(Aço de Damasco)  
1000-1300 d.C. (Síria)

18

Como último ponto, destaca-se a metalurgia, que gerou o famoso aço de Wootz (aço de Damasco), que levanta a questão: os antigos metalurgistas dominavam a nanotecnologia? Recentemente descobriu-se que esses aços contêm compostos de carbono semelhantes aos nanotubos, o que lhes conferem uma dureza excepcional.

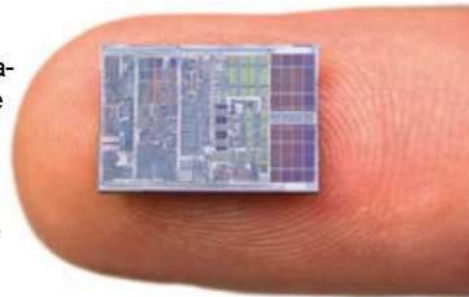


## A história recente da nano

Esta história poderia começar com as seguintes questões: **a nanotecnologia é um conhecimento novo ou é uma ideia que vem se construindo há muito tempo?**

Sabe-se que há, pelo menos, 30 anos vários laboratórios no mundo desenvolvem pesquisas na direção da miniaturização, sobretudo de sistemas eletrônicos, nanopartículas, sistemas nanoparticulados etc. É importante mencionar que a eletrônica trazia já em seu arcabouço conceitual ideias para o tratamento do “muito pequeno”. Muitos autores colocam o filme *Viagem Fantástica (Fantastic Voyage)*, de 1966, baseado no livro de Isaac Asimov, como sendo um dos primeiros a revelar tais ideias para o grande público.

Richard Feynman, em 1959, chamava a atenção para o fato de que, na dimensão atômica, trabalha-se com leis diferentes e, assim, devem ser esperados eventos diferenciados: outros tipos de efeitos e novas possibilidades.



Miniaturização

O termo “nanotecnologia” foi cunhado por Norio Taniguchi, em 1957, e abarcava em seu significado máquinas que tivessem níveis de tolerância inferiores a 1 micron (1.000 nm).

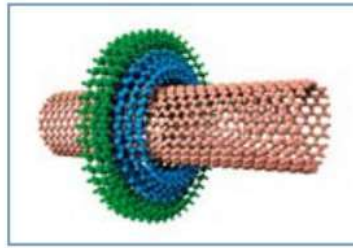
Outros acontecimentos importantes permitiram a percepção da relevância da nanotecnologia:

- i) o trabalho de Gerd Binnig e Heinrich Rohrer, criadores do microscópio de tunelamento (*scanning tunneling microscope*), instrumento que permitiu a criação, modificação e processamento de imagens eletrônicas de átomos individuais, por meio de um software de computador, em 1981;

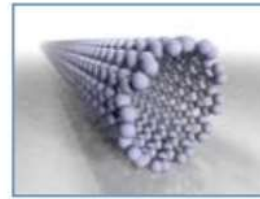
### Cartilha sobre nanotecnologia



i) Fulereo



iii) Drexler: fabricação de dispositivos com especificações atômicas complexas



v) Nanotubos de carbono (NTC)

ii) a descoberta dos fulerenos, que são a terceira forma mais estável do carbono, por Robert Curl, Harold Kroto e Richard Smaley, em 1985;

iii) a publicação do livro de Eric Drexler, *Engines of Creation*, que efetivamente popularizou a nanotecnologia, em 1981;

iv) o feito de Donald Eigler ao lograr escrever o nome IBM, em 1989, com átomos individuais do elemento xenônio (Xe);

v) a descoberta dos nanotubos de carbono, que são estruturas cilíndricas formadas por átomos de carbono e que possuem alta resistência, por Sumio Iijima, no Japão, em 1991.

Efetivamente, tais descobertas criaram um clima todo especial, pois colocavam a nanotecnologia como “uma nova revolução científica”, potencializando o lançamento pelo Governo Clinton, em 2000, no *Califórnia Institute of Technology*, da *National Nanotechnology Initiative*, que proporcionou investimentos de US\$ 495 milhões, dando uma visibilidade extraordinária a esse campo de pesquisa.

Hoje, mais de 60 países possuem iniciativas nacionais ligadas ao estudo das nanociências e nanotecnologia, sendo que o total de investimento global ultrapassa US\$ 5 bilhões.

## Novas propriedades decorrentes da escala

Do ponto de vista científico, um dos aspectos que acaba tendo implicações sobre as aplicações reside no fato de que, na escala nanométrica, muitas propriedades fundamentais, como as químicas, as físicas e as mecânicas dos materiais, mudam radicalmente.

Um exemplo emblemático deste aspecto está relacionado ao chamado vidro rubi, conhecido desde o século XVII. A variação do tamanho das partículas de ouro adicionadas na sua composição pode fazer com que o vidro adquira diferentes colorações. Isso se verifica na Taça de Licurgo, antiguidade romana do século IV d.C (em exposição no Museu de Londres), que é feita de bronze com um baixo relevo em vidro rubi. Pelo fato de as partículas de ouro terem cerca de 20 nm, o vidro apresenta coloração vermelha, pois tem uma absorção de luz por volta de 530 nm. Este efeito foi identificado por Faraday, já em 1857, em seus experimentos com coloides de metais.

### Isso quer dizer que é possível ter ouro de diferentes cores?

A resposta é sim. Dependendo do tamanho das partículas é possível ter ouro de coloração laranja, púrpura, vermelha ou verde. Esse efeito é chamado de efeito quântico de tamanho (*quantum size effect*) e as nanopartículas de pontos quânticos (*quantum dots*).



Ouro macroscópico

O efeito quântico de tamanho não ocorre somente para nanopartículas metálicas. Esse efeito é muito comum para os semicondutores. Na próxima figura é mostrado o que acontece com o Seleneto de Cádmio (CdSe), semicondutor da família II-VI, contendo pontos quânticos de diferentes tamanhos (faixa de 2-7 nm).





Fonte: LQES/Unicamp

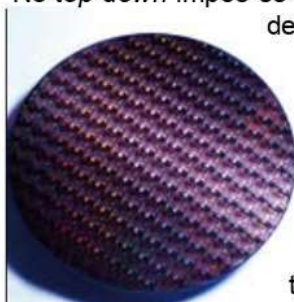
Da esquerda para direita, é possível verificar o aumento do tamanho dos pontos quânticos. Na fileira superior pode-se observar vidros com soluções dos pontos quânticos, enquanto na fileira inferior a fluorescência das soluções quando irradiadas com um laser.

Tais variações nas propriedades têm sido determinantes para a aplicação real desses nanomateriais nos diferentes segmentos industriais. Os exemplos também mostram as diferenças de comportamento dos materiais na escala nano e macro.

## Como se faz nano?

As nanoestruturas podem, basicamente, ser feitas de dois modos: “de cima para baixo” (*top-down*) e “de baixo para cima” (*botton-up*).

No *top-down* impõe-se uma estrutura no sistema por meio da definição de padrões e sua criação utilizando partes maiores.



Confecção de chips por litografia: repetição do padrão

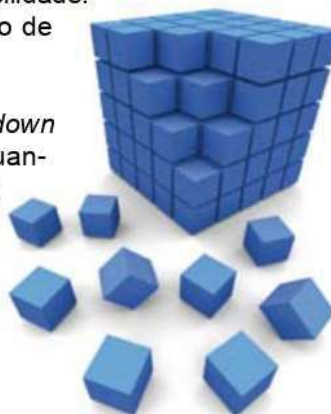
Nesse caso há necessidade do uso de maquinaria capaz de reproduzir os padrões, como é o caso da confecção de chips, que, via de regra, utiliza a técnica de litografia e derivados (processo de gravação com luz).

No *top-down* parte-se do entendimento e controle do comportamento quântico intramolecular, de moléculas especificamente desenhadas e sintetizadas. Usam-se superfícies para localizá-las e estabilizá-las. Os sistemas são interconectados, partindo-se de partes atômicas e/ou moleculares. Neste processo aproveita-se da auto-organização.

Em outras palavras, as coisas funcionam como partes que se encaixam. Começamos com um “bloco de construção” e o sistema avança na direção de sua condição de maior estabilidade.

Ao lado, pode-se observar uma ilustração de como a auto-organização pode ocorrer.

De maneira geral, os processos *top-down* são realizados em sistemas secos, enquanto que os *botton-up* são realizados em meio aquoso ou solvente orgânico. Os físicos e engenheiros preferem os processos *top-down*, ao passo que químicos e biólogos utilizam mais os processos *botton-up*.



Blocos de construção e o sistema auto-organizado

## Entendendo o tamanho

Quando se fala de nanotecnologia, a primeira coisa a fazer é mudar a escala com a qual se vê o mundo. Não se trata somente de mudar a forma como os olhos vêem as coisas. O que deve ser feito é mudar a maneira como o cérebro trabalha. Assim, essa é a melhor forma de entrar no pequeno grande mundo da nanotecnologia.

### Como isto é possível?

Para as crianças existem somente o grande e o pequeno. Uma pulga é algo muito pequeno, ao passo que um elefante é uma coisa muito grande. Da mesma maneira, um tijolo de construção é pequeno, mas as casas são coisas grandes.

Dentro do mundo cotidiano - o mundo da macro escala -, o elefante, a casa, a pulga e o tijolo estão dentro de uma mesma escala de tamanho, ou seja, têm poucas ordens de magnitude de diferença. A ordem de magnitude é expressa em potências de 10. Isso significa que, se uma coisa é 10 vezes maior que outra, ela é uma ordem de magnitude maior.

Contudo, existem coisas muito maiores e muito menores que os exemplos apresentados acima.

Assim, o objeto mais distante que podemos observar está a  $10^{18}$  centímetros de distância, ou seja, o número 1 seguido de dezoito zeros:

**1 000 000 000 000 000 000**

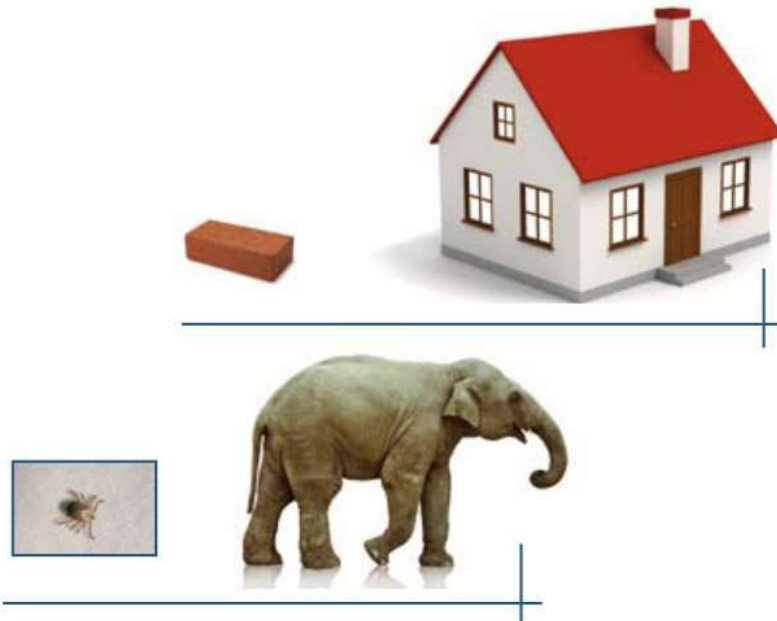
Por outro lado, a menor coisa existente no universo é conhecida como o comprimento de Planck, equivalente a  $4 \times 10^{-35}$  centímetros:

**0, 000 000 000 000 000 000 000 000 000 000 04**

Assim, lembrando que cada ordem de grandeza representa uma potência de 10, pode-se dizer que a diferença entre a maior e a menor coisa existente no universo é de 53 ordens de grandeza.

### Cartilha sobre nanotecnologia

Voltando, então, aos exemplos já citados, a diferença de tamanho entre o tijolo e a casa é cerca de duas ordens de grandeza, o que não é muito. A diferença da pulga em relação ao elefante é de cinco ou seis ordens de grandeza.



De modo geral, o tamanho das coisas envolvidas durante o nosso dia a dia está compreendido entre o tamanho da pulga e da linha do horizonte, ou seja, cerca de sete ordens de grandeza. Seguem alguns exemplos:

- uma pulga tem cerca de  $5 \times 10^{-2}$  m.
- um lápis tem cerca de  $1,3 \times 10^{-1}$  m.
- um elefante tem cerca de 3 m.
- um avião ERJ da Embraer tem 23 m.
- um campo de futebol tem cerca  $10^2$  m.
- o prédio mais alto do Brasil, o Edifício Mirante do Vale, em São Paulo, tem 170 m de altura.
- a linha do horizonte tem cerca de  $3 \times 10^4$  m.

Um aspecto que necessariamente deve ser destacado é que muitas coisas altamente significativas do mundo ocorrem fora dessa faixa de tamanho. Essas coisas pertencem ao mundo da micro ou da nanoescala.



## A escala nano

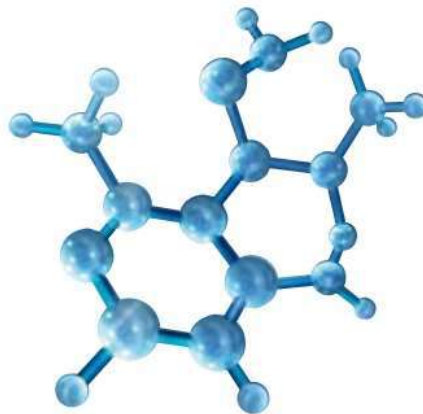
### O que vem a ser a escala nano?

Antes de responder esta pergunta, é bom fazer algumas colocações. Os prefixos micro, nano, mili, centi são usados para que se possa especificar o fator pelo qual é multiplicada uma determinada grandeza. Na verdade, estão associados com potências de 10. Assim, como kilo corresponde a um fator  $10^3$ , mili corresponde a  $10^{-3}$ . Na escala nano (nm), o fator de grandeza corresponde a  $10^{-9}$ . Assim, quando se fala de 1 nanômetro, refere-se a um fator de  $10^{-9}$  do metro, ou seja, um bilionésimo do metro:

**0,000 000 001m**

Esse tamanho é aproximadamente 100 mil vezes menor do que o diâmetro de um fio de cabelo, 30 mil vezes menor que um dos fios de uma teia de aranha ou 700 vezes menor que um glóbulo vermelho.

É exatamente nessa escala de tamanho que a nanotecnologia é trabalhada e que os objetos nanotecnológicos são concebidos. Nessa mesma escala estão os átomos e as moléculas.



Nanotecnologia: mundo dos átomos e moléculas

### Cartilha sobre nanotecnologia

Vale a pena dar uma boa observada no Box 1, onde são comparados vários tamanhos.

#### Box 1

Átomo (H)	0,1 nm
DNA	2 nm
Proteínas	5-50 nm
Vírus	75-100 nm
Bactérias	1000-10000 nm
Células brancas	10 000 nm

Os números que figuram no Box 1 são muito interessantes. São necessários dez átomos de hidrogênio colocados um ao lado do outro para termos apenas 1 nanômetro. É senso comum considerar os vírus e as células brancas como entidades muito pequenas. Entretanto, dentro da escala nanométrica, as células brancas são enormes, dado que as entidades típicas tratadas pela nanotecnologia geralmente estão entre 1 e 100 nm. Não se pode esquecer que 1.000 nanômetros é igual a 1 micron, portanto as células brancas podem ter até 10 microns ou  $10^4$  nm, ou seja, enormes frente ao tamanho de algumas entidades típicas da nanotecnologia que figuram no Box 2.

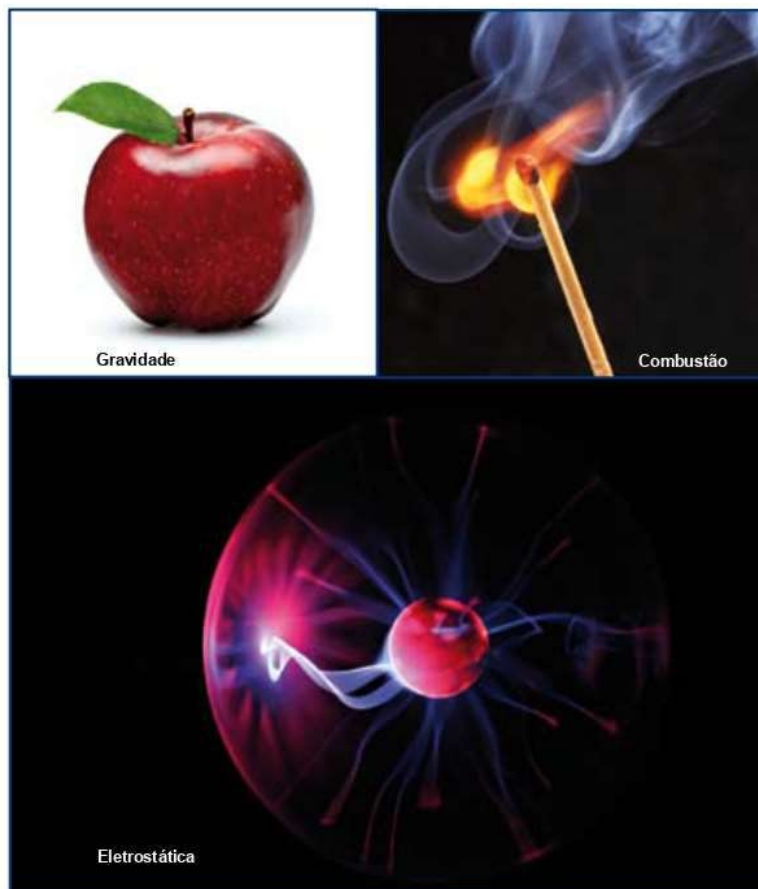
#### Box 2

Nanopartículas	1-100 nm
Fulereo (C60)	1 nm
Quantum dot (CdSe)	8 nm
Dendrímeros	10 nm

*As definições das entidades citadas nos boxes 1 e 2 podem ser encontradas no site do Laboratório de Química do Estado Sólido da Universidade Estadual de Campinas (<http://lqes.iqm.unicamp.br>).*

## Efeitos e escala de tamanho

Efeitos como gravidade, fricção, combustão, eletrostática, forças de Van der Waals e movimentos brownianos estudados em livros de ciência estão, na intimidade, relacionados com escalas de tamanho.





### Cartilha sobre nanotecnologia

No Box 3 são apresentados os fenômenos e suas respectivas escalas de tamanho, mostrando que existe uma dependência entre a escala de tamanho e os diferentes efeitos.

#### Box 3

Centímetro	Gravidade, fricção, combustão
Milímetro	Gravidade, fricção, combustão, eletrostática
Micrômetro	Eletrostática, Van der Waals, browniano
Nanômetro	Eletrostática, Van der Waals, browniano, quântico
Angström	Mecânica quântica

Como mostrado no Box 3, ao entrar na escala nanométrica, grande parte dos efeitos estão relacionados com os aspectos quânticos.

## Nano na natureza

### Existe efeito nano na natureza?

A resposta é sim. Em várias coisas bem conhecidas por todos. Por exemplo, quando a água é misturada com o óleo, ocorre sobre a superfície um efeito chamado iridescência (efeito arco-íris). Efeito semelhante pode ser observado nas asas da borboleta azul e na própria pena do pavão. Na verdade isso ocorre porque existem estruturas em escala nanométrica, denominadas nanoestruturas, que, ao interagir com luz, modulam o índice de refração causando interessante efeito óptico, no qual a cor muda com o ângulo de observação ou iluminação.



Iridescência observada na borboleta azul

As lagartixas sempre chamaram a atenção pelo fato de poderem andar nas superfícies do jeito que bem entenderem: de cabeça para cima, de cabeça para baixo ou de lado. Tais animais têm essa “autonomia decisória” porque em suas patas existem nanoventosas, que acabam proporcionando uma fortíssima adesão nas mais diferentes superfícies (alvenaria, plásticos, vidros, metais etc.).



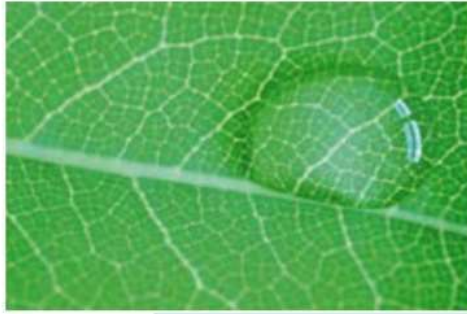
Lagartixa



Ventosas existentes nas patas da lagartixa

### Cartilha sobre nanotecnologia

Os exemplos na natureza não ficam apenas nesses. Um efeito muito interessante creditado à presença de nanoestruturas é o chamado efeito lótus, que ocorre em muitas folhas de plantas. A presença das nanoestruturas faz com que a superfície fique super-hidrofóbica (tendência a repelir a água). Como resultado, tem-se que a água não escorre, mas, literalmente, “rola”.



Efeito lótus

Por fim, vale mencionar outro exemplo: os dentes. Graças à presença de uma organizada nanoestrutura, os dentes apresentam elevada resistência mecânica, o que permite a mastigação de alimentos sólidos e duros, como amendoim, castanhas, polpa de coco ou uma maçã bem verde.



A grande resistência dos dentes se deve à presença de nanoestruturas

Como visto, vários fenômenos associados à escala nano na natureza fazem parte do cotidiano, apesar de muitas vezes não nos darmos conta disso.

## Onde está a nanotecnologia no setor produtivo?

Como é possível notar ao avançar na leitura da Cartilha, a nanotecnologia não é somente promessa de futuro. Existe uma nanotecnologia permeando quase todo o setor produtivo mundial, ainda que de forma mais pronunciadamente incremental do que revolucionária, começando a fazer parte dos portfólios de um grande número de empresas, sejam as tipicamente nanotecnológicas, sejam aquelas que estão rapidamente se adequando aos novos tempos.

Os setores que mais têm se destacado no lançamento de produtos obtidos por via nanotecnológica, ou contendo nanotecnologia embarcada, estão representados nas figuras abaixo.



Energia



Iluminação



Automobilístico



Embalagens



Cosméticos



Tecidos



Fármacos



Esportes



No Box 4 são apresentadas informações sobre produtos, juntamente com algumas observações.

#### Box 4

Setor	Tipo de Produto/Observações
Energia	Sistemas fotovoltaicos; células solares; <i>grids</i> de energia; baterias; pás para geradores eólicos.
Iluminação	LEDs baseados em <i>quantum dots</i> para iluminação pública, domiciliar e automobilística.
Automobilístico	Pinturas especiais (não riscam, autolimpantes); catalisadores para conversores catalíticos para gases de escapamento; eletrônica embarcada; tecidos antibacterianos.
Esportes	Raquetes de tênis (nanotubos de carbono); roupas esportivas antitranspirantes e antibactericidas; calçados para esportes; quadros para bicicletas; tacos de golf; luvas para esportes.
Tecidos	Tecidos resistentes à sujidades (efeito lótus); tecidos antibactericidas; tecidos técnicos e não tecidos.
Embalagens	Embalagens com propriedades de barreira (umidade, gases), à base de nanocompósitos; embalagens inteligentes, sensíveis a gases de decomposição de alimentos; recipientes bactericidas (prata) para guardar alimentos perecíveis.
Cosméticos	Protetores solares; produtos para recuperação da pele; produtos contendo cores físicas (índice de refração); produtos para maquiagem.
Fármacos	Novas formas de administração de fármacos (nanoemulsões e nanopartículas); <i>drug-delivery</i> ; terapia de cânceres.

Além dos setores destacados, o setor de Ciências da Vida merece destaque especial, na medida em que não é só a parte de fármacos que se mostra em forte atividade. Já existe no mercado, aprovados ou em vias de aprovação, diversos produtos: materiais implantáveis, materiais bio-absorvíveis, materiais para reparação óssea; sensores implantáveis (pressão); sistemas de *drug-delivery* com sensores e auto-dosadores (insulina); sistemas de processamento de alta performance e multianálise (DNA); implantes de retinas (eletrônicas) e sistemas de

### Cartilha sobre nanotecnologia

audição (cocleares); ferramentas de diagnóstico; *lab-on-chips*; entre outros. O setor eletrônico de alta performance também continua em forte atividade, com lançamentos próximos de chips sub-50nm, novas memórias, computadores de alta performance operando em teraflop, eletrônica flexível, etiquetas eletrônicas, eletrônica ubíqua (vestimentas, calçados e acessórios).

Têm sido observadas várias ações no sentido de, efetivamente, fazer a conexão entre a nanotecnologia, sustentabilidade e mudanças climáticas. Acredita-se que, nesta área, serão inúmeras as oportunidades de pesquisa, desenvolvimento de tecnologias e negócios, sobretudo nas questões afeitas à água, aos desenvolvimentos de novos materiais para construção e ao aproveitamento de resíduos urbanos, agricultura, consumo de energia e meio ambiente.

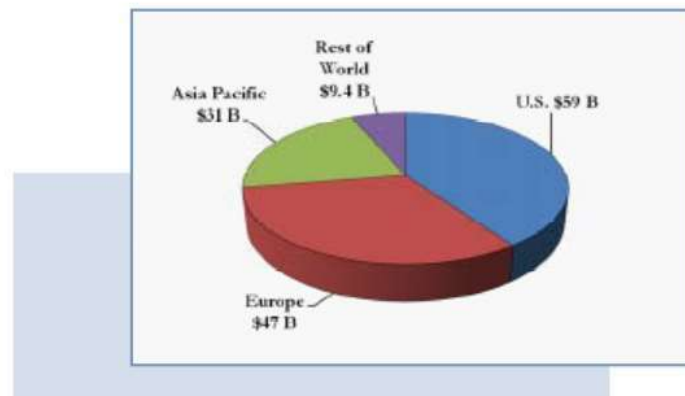
Não obstante às imensas possibilidades existentes, é importante avaliar - mesmo que um tanto superficialmente - como estão sendo e serão as gerações de novos produtos. Aqui são destacadas as idéias de Mikail Roco, que desenvolveu quatro gerações de nanotecnologia:

- **Nanoestruturas passivas:** de 2000 a 2005, a pesquisa trabalhou na primeira geração de produtos feitos de nanopartículas, superfícies e materiais nanoestruturados;
- **Nanoestruturas ativas:** a partir de 2006, as iniciativas de P&D se concentram na fabricação de elementos nanoeletrônicos (transistores, amplificadores), de sistemas de distribuição de medicamentos (*drug-delivery*) e de estruturas adaptativas;
- **Sistemas de nanossistemas:** Em 2010, os grandes objetivos estão relacionados, sobretudo, à produção controlada de montagens de nanossistemas, de novas arquiteturas e redes para eletrônica, de desenvolvimento da robótica e de sistemas evolutivos;
- **Nanossistemas moleculares:** ao redor de 2015-2020, tratar-se-á de conceber novos dispositivos moleculares e de tornar possível sua concepção em nível atômico com a realização de funções emergentes.

Essas gerações de produtos certamente levarão ao uso da nanotecnologia revolucionária, que alguns chamam de disruptivas, que criam a necessidade de estar atento e com capacidade para acompanhar e participar dos novos desafios científicos e tecnológicos.

## Qual o tamanho do negócio nanotecnologia?

Há várias previsões para o mercado global da nanotecnologia envolvendo a produção e a comercialização de produtos e equipamentos. Das mais às menos otimistas, todas convergem para o valor de mais de um trilhão de dólares, em 2015. Os mais otimistas chegam a falar em US\$ 3,5 trilhões, em 2015, como é o caso de Josh Wolf, da Lux Capital (USA). Segundo a Lux, o mercado global de nanotecnologia faturou, em 2007, cerca de US\$ 146,4 bilhões. A distribuição regional é mostrada no gráfico abaixo.



Mercado global de nanotecnologia (2007)  
Fonte: Lux Capital (EUA)

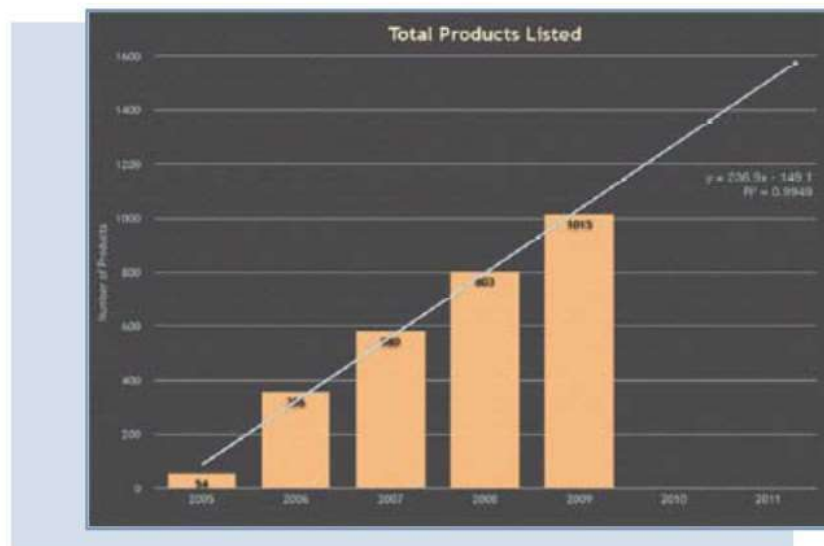
Este tamanho de mercado - juntamente com o potencial multi-industrial da nanotecnologia - tem feito crescer o interesse de governos, corporações, empresas de capital de risco e pesquisadores acadêmicos pela nanotecnologia. Existem no mundo mais de 60 iniciativas nacionais voltadas para a área. Segundo o governo americano, de 1997 a 2005, aproximadamente US\$ 18 bilhões foram investidos globalmente em nanotecnologia.

São poucos os negócios no mundo que apresentam números tão elevados. É difícil não se convencer de que a nanotecnologia é - além de uma grande plataforma tecnológica - uma interessante oportunidade para as empresas.



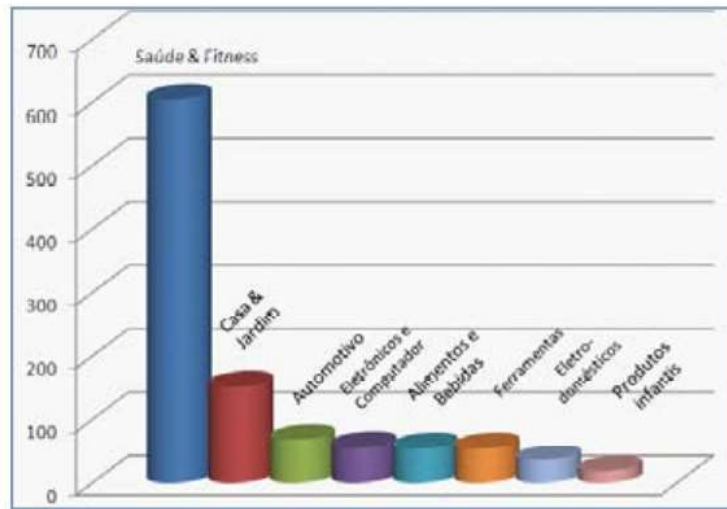
## Produtos no mercado

É muito difícil saber exatamente quantos produtos obtidos por nanotecnologia ou que contêm nanotecnologia embarcada estão sendo comercializados atualmente no mundo. O Projeto PEN (*Project on Emerging Nanotechnology*) da Woodrow Wilson (EUA), vem reportando desde 2005 informações voluntárias dos fabricantes. Em 2005, o número de produtos informados era de 54. Passados cinco, anos já ultrapassa 1.015. Mantida essa tendência, em 2011 são esperados cerca de 1.500 produtos.



Fonte: PEN Project (agosto 2009)

Um detalhamento dos dados do projeto PEN (gráfico a seguir) mostra que a categoria onde aparecem mais produtos é a “Saúde e Fitness”, dentro da qual temos: vestuário, cosméticos, filtros, cuidados pessoais, artigos esportivos e protetores solares.



Fonte: PEN Project (agosto 2009)

Quanto aos países detentores de depósitos de patentes de produtos nanotecnológicos, temos o seguinte quadro: Estados Unidos (540), Ásia (240), Europa (154) e outros (66).

É importante ressaltar que os produtos estão sendo comercializados em todo o mundo, mesmo antes de se ter uma legislação específica para sistemas contendo nanoestruturas.

## Construindo uma nanotecnologia cada vez mais segura

Um grande número de atividades tem sido realizado com o olhar voltado para os impactos da nanotecnologia sobre a saúde humana e o meio ambiente. Por se tratar de tecnologia emergente, a nanotecnologia ainda não tem um histórico importante relativamente a tais aspectos, o que determina a necessidade de estudos experimentais intensivos.

Os resultados obtidos, notadamente nos três últimos anos, a despeito da ausência de padrões consensuais (nanometrologia), têm permitido a várias agências internacionais, organizações e governos a elaboração de recomendações, normas e procedimentos para tratar destas questões. Tem sido, ainda, observada importante discussão relacionada a uma melhor definição da nanotecnologia dentro do escopo do REACH, legislação que normatiza a circulação de produtos químicos nacionais e importados no âmbito do território da Comunidade Européia.

Atualmente, já se pode contar com uma vasta literatura produzida por instituições como *Environmental Protection Agency (EPA)*, *Food and Drug Administration (FDA)*, *National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH)*, *Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD)*, *International Organization for Standardization (ISO)*, entre outras, que está servindo de base para que as indústrias desenvolvam seus projetos, produtos e processos. Nos anexos é apresentado um inventário de documentos, bem como os respectivos links para acesso.

A legislação para a nanotecnologia está passando por uma inflexão, na medida em que deixa de ser voluntária para ser mandatária (legalmente obrigatória). Estados Unidos e Comunidade Européia estão trabalhando juntos na construção de legislações harmonizadas.

## Os produtos brasileiros

No Brasil, existem no mercado vários produtos que incorporam o conhecimento nanotecnológico. A disseminação dos mesmos para o grande público é feita por meio de campanhas publicitárias ou *releases* das empresas.

Nas figuras seguintes apresentamos alguns produtos.



Apesar de terem sido apresentados apenas alguns produtos, é possível afirmar, sem muita chance de erro, que existem atividades nanotecnológicas em empresas nos seguintes setores: cosméticos, tecidos, cerâmicos, ambiental, tintas, calçados, plásticos, fármacos, entre outros. A maturação de vários projetos, financiados pelo programa de subvenção econômica da Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP), poderá determinar um aumento na oferta de produtos brasileiros de base nanotecnológica.



ANEXO III. Textos usados no projeto pelos discentes.



Um nanômetro é uma medida tão pequena que sempre exige metáforas para ser explicada. Imagine, então, um grão de areia numa praia com mil quilômetros de extensão – é o que o nanômetro representa em relação ao metro. A possibilidade de manipular essa escala reduzidíssima para desenvolver novos materiais ou aprimorar atributos de materiais já existentes está provocando uma revolução na indústria, processo do qual as empresas catarinenses têm participado tanto como desenvolvedoras de nanotecnologias quanto como usuárias dessas novidades, ao aplicá-las em seus produtos.

"Estamos acompanhando o surgimento de um padrão que estará cada vez mais presente no nosso cotidiano e substituirá completamente o anterior", prevê Leandro Berti, 38 anos, considerado uma das maiores autoridades brasileiras no tema. Formado em Engenharia da Computação, com doutorado e pós-doutorado em Nanobiotechnology, Berti gerenciou a integração entre academia e indústria em torno do Arranjo Promotor de Inovação em Nanotecnologia (API.nano), iniciativa da Fundação Certi que, lançada em 2013, consolidou Santa Catarina como referência nacional no desenvolvimento e na aplicação efetiva de nanotecnologias.

A experiência foi tão bem-sucedida que, no início deste ano, Berti foi convidado a assumir o cargo de coordenador-geral de Tecnologias Convergentes e Habilitadoras no Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC), o que o levou

a se mudar para Brasília. Uma das missões do catarinense é encaminhar uma regulação nacional em torno da nanotecnologia, levando-se em conta particularidades do processo que precisam ser analisadas com o máximo de cuidado para assegurar a qualidade, a eficácia e a segurança dos produtos. "Não se trata de criar um novo órgão responsável pela análise dessas características, mas sim de capacitar os vários órgãos fiscalizadores já existentes, nas mais diversas áreas, para fazer a avaliação a partir de critérios claros e padronizados", antecipa Berti.

### Resultados práticos

Mais do que um modelo teórico de desenvolvimento da nanotecnologia, Santa Catarina exhibe resultados práticos da atenção direcionada à área: é o estado que concentra o maior número de empresas voltadas integral ou parcialmente a esta nova ciência – 26 das 90 empresas catalogadas pelo MCTIC estão sediadas em território catarinense.

Este dado pode ser atribuído a diversas circunstâncias favoráveis – além da efervescência em torno do API Nano, destacam-se também a existência de polos atuantes de Tecnologia da Informação e o incentivo a empreendimentos inovadores, possibilitado por programas como o Sinapse da Inovação, criado pela Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Estado de Santa Catarina (Fapescc).

De forma geral, a nanotecnologia se baseia no princípio de que, quanto menores forem as partículas de uma substância, maior será a



A nanotecnologia diz respeito à manipulação de materiais na escala nanométrica

Um nanômetro corresponde a 1 metro dividido por 1 bilhão, medida mil vezes mais fina que um fio de cabelo





LARRY FLORES/ISTOCK

26

Número de empresas catarinenses que desenvolvem nanotecnologias

Há um total de 90 no Brasil

---

US\$ 1,6 bi

**Mercado mundial para nanocompósitos em 2016**

A expectativa de crescimento é de **27% ao ano até 2021**

---

Fontes: MCT e BCC Research

área de contato que essa substância terá com a superfície em que for depositada – é maior também, por consequência, o poder de penetração dessa substância. Há uma imagem frequentemente utilizada para deixar clara a diferença em relação às técnicas tradicionais: se colocarmos três bolas de pingue-pongue sobre um tabuleiro de xadrez haverá apenas três áreas de contato, pontuais, entre as bolas e o tabuleiro, sendo que a maior parte do tabuleiro permanecerá sem contato com as bolas. Se essas mesmas bolas forem moídas e gerarem um grande número de partículas muito pequenas, esse material pode ser espalhado por todo o tabuleiro de xadrez, cobrindo-o inteiramente. Substituindo as bolas de pingue-pongue por um produto cosmético e o tabuleiro de xadrez pela pele humana, fica fácil entender por que um produto que utiliza nanotecnologia possibilita maior eficácia, pois cobre inteiramente a pele e penetra em maior quantidade nos poros.

### Segurança

É por conta da maior capacidade de penetração no corpo humano que a segurança se tornou uma grande preocupação quando se fala em nanotecnologia. Uma das empresas catarinenses que nasceram exclusivamente para explorar este mercado, a Nanovetores, tem justamente a segurança como principal bandeira. Tudo começou em 2006, com o doutoramento na França da farmacêutica especializada em biossegurança Betina Zanetti, hoje com 40 anos. A tese abordou a necessidade de utilizar materiais sustentáveis em nanotecnologias aplicadas a cosméticos e higiene pessoal. "O assunto se enquadrava na chamada 'química verde' e despertou tanto interesse que decidimos abrir uma empresa para criar nanotecnologias a partir dos conceitos defendidos pela Betina



na tese”, descreve o marido da pesquisadora, o administrador Ricardo Ramos, 45 anos, sócio dela à frente da Nanovetores.

Um dos diferenciais dos produtos da empresa, que tem 30 funcionários e ocupa uma área de mil metros quadrados no Sapiens Parque, em Florianópolis, é a utilização de base aquosa, natural, em etapas onde normalmente são usados solventes orgânicos. “A gente se posicionou no mercado com a proposta de eliminar o uso de materiais potencialmente tóxicos em nanotecnologias”, explica Betina. A empresa, que no momento tem 36 produtos no portfólio e mais de 100 em desenvolvimento, já está vendendo para 26 países. Entre os clientes, nomes conhecidos como Polishop, Mantecorp,

Hypermarcas e Adcos. O faturamento no ano passado foi de R\$ 13 milhões.

Outra importante desenvolvedora catarinense de nanotecnologias é a TNS, fundada em 2008, em Florianópolis, como consequência de um projeto acadêmico nascido no Departamento de Química da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) – a concepção de um produto antimicrobiano para a indústria têxtil, capaz de evitar bolor e mau cheiro nas roupas. Depois da fundação oficial da empresa, foram cinco anos dedicados ao amadurecimento da tecnologia, à montagem da equipe e à consolidação dos processos. Só em 2013 os primeiros produtos foram lançados. “Demos um passo de cada vez, com muita cautela. Só nos apresentamos ao merca-



Betina, da Nanovetores: proposta da empresa é eliminar o uso de materiais potencialmente tóxicos

## INOVAÇÃO

do com segurança plena em todos os aspectos', lembra o diretor-geral Gabriel Nunes, 30 anos.

### Aplicações

Formado em Engenharia de Materiais pela UFSC, Nunes se juntou à TNS em 2011, ao voltar de uma especialização na Alemanha. Entrou como estagiário, para participar do desenvolvimento de um produto específico, e ascendeu em poucos anos ao comando da *startup* – o tipo de oportunidade que só costuma acontecer em setores muito jovens, como a nanotecnologia. Nunes está à frente de uma equipe de 22 profissionais, a maior parte formada recentemente e recrutada entre os egressos com

melhor desempenho nos cursos da UFSC mais diretamente ligados à área.

Uma das frentes de trabalho da TNS é diversificar as possíveis aplicações do antimicrobiano. Normalmente este tipo de aditivo é aplicado no tecido por meio de um banho químico, mas a empresa desenvolveu técnicas para adicioná-lo na etapa anterior – ou seja, no fio que vai compor o tecido, o que amplia sua permanência de 70 para 100 lavagens. Está também oferecendo às lavanderias uma variedade que pode ser incluída diretamente nas máquinas de lavar, de forma semelhante à que se faz com um amaciante. "A ideia é que a lavanderia cobre do cliente um pequeno valor adicional por esse grande benefício", diz Nunes.



*Nunes, da TNS: equipe recrutada entre os egressos com melhor desempenho na universidade*



Há outras aplicações do antimicrobiano, como a parceria formada entre a TNS e a também catarinense Condor, fabricante de produtos de higiene pessoal sediada em São Bento do Sul. A Condor já havia testado algumas tecnologias antibacterianas para proteger as escovas de dentes de um ambiente altamente sujeito a contaminação, o banheiro, mas os resultados foram insatisfatórios. "Ou o aditivo se tornava muito caro para aplicar num produto de baixo valor agregado como a escova de dentes, ou interferia em características físicas, deixando as cerdas amolecidas ou amareladas", descreve o coordenador de produtos e marketing de higiene bucal da Condor, Gerson Grohskopf.

Representantes das duas empresas se conheceram em um evento e, a partir daí, surgiu o desafio de criar um mecanismo viável para evitar a proliferação de bactérias nas escovas de dentes. Depois de um ano de desenvolvimento e uma série de testes que comprovaram a eficácia dos resultados, o produto está sendo lançado neste final de ano. A aplicação inicial será em 300 mil unidades por mês, 5% da produção total de escovas pela Condor. "Se o consumidor entender o benefício e comprar a ideia, vamos ampliar gradualmente essa proporção", afirma Grohskopf. Uma das grandes vantagens da ideia desenvolvida pela TNS foi evitar alterações no processo fabril, já que a aplicação do aditivo será feita diretamente pelo fornecedor do pigmento, de tal forma que o produto ficará incorporado em toda a escova, incluindo o cabo e as cerdas – um diferencial em relação a



Criado a partir do radical grego "nano" (pequeno, anão), o termo "nanotecnologia" começou a ser utilizado na década de 1950

**Na década de 1970 foram iniciadas pesquisas em escala nanométrica, com resultados efetivos a partir do ano 2000**

outros antibacterianos, normalmente aplicados só nas cerdas.

A TNS já desenvolveu e colocou no mercado uma série de produtos além dos antimicrobianos, a exemplo de um fertilizante para aumentar em 25% a vida útil das flores após o corte – o produto é borrifado diretamente no caule e nas folhas – e um aditivo que dobra a vida útil dos ovos mantidos sem refrigeração nas prateleiras dos supermercados, de quatro para oito semanas. Trata-se de um revestimento para a casca que mantém fresco o conteúdo do ovo, resguardando as propriedades nutritivas originais. Um benefício adicional é o aumento da resistência mecânica da casca. Considerando que 5%

dos 40 bilhões de ovos produzidos anualmente no Brasil se perdem no transporte até o consumidor, reduzir essas quebras em apenas 20% significaria salvar 1 milhão de ovos por dia. O aditivo, certificado pela Embrapa quanto ao uso exclusivo de produtos de fontes naturais, com grau alimentício, exige a inclusão de uma máquina na linha de produção das granjas. Duas delas já estão testando a novidade. →

*Nova escova de dentes da Condor: ampliação gradual*



Indústria & Competitividade 15



*Pó odontológico aumenta densidade óssea, para implantes.*

Há empresas catarinenses que já desenvolveram nanotecnologias e estão em busca de investidores para iniciar a produção em maior escala. É o caso da Innovacura, sediada em Palhoça, voltada ao desenvolvimento de biomateriais na área médica. O fundador, José da Silva Rabelo Neto, 42 anos, físico por formação, começou a ter contatos com nanotecnologia ainda em 2002, como pesquisador da Universidade Federal do Sergipe (UFS). Depois ele fez mestrado na Universidade de São Paulo (USP) e iniciaria doutorado pela mesma instituição quando foi atraído a Santa Catarina por conta do Sinapse da Inovação. Selecionado para o programa, ele transferiu o doutorado para a UFSC e fundou a Innovacura.

Durante suas pesquisas acadêmicas, Rabelo Neto desenvolveu nanoesferas de cerâmica

que podem ter diversas aplicações na área médica. Um produto que já está pronto para comercialização é um pó para aplicação odontológica – ao ser enxertado nos pacientes, esse pó melhora a densidade óssea e permite a fixação mais eficiente do parafuso. Depois de um longo e dispendioso processo de registro e início da produção, a princípio terceirizada e em pequeno volume, o fundador está à procura de parcerias para montar uma fábrica, orçada inicialmente em R\$ 5 milhões.

Santa Catarina tem também diversos casos de empresas que já estavam em atividade quando passaram a utilizar a nanotecnologia em algumas de suas atividades ou produtos. A Chipus Microeletrônica, sediada em Florianópolis, a aplica em certos processos eletrônicos que desenvolve – a empresa é especializada em projetos de circuitos integrados para aplicações diversas. “O uso de escala nano em processadores e transmissores permite ocupar muito menos espaço e realizar mais operações”, explica o diretor técnico Paulo Augusto Dal Fabbro, 40 anos.

Um exemplo de uso de nanotecnologia pela Chipus é a parceria com uma empresa suíça para desenvolver projetores que reproduzem imagens a partir de celulares. Essa empresa encomendou à Chipus dois circuitos microeletrônicos responsáveis por fazer a corrente elétrica acionar os microespelhos com um nível de ruído baixo o suficiente para que os espelhos não vibrem, evitando assim que a imagem projetada fique trêmula. A Chipus aceitou o desafio e seis meses depois entregou o produto nos moldes desejados pela cliente. →

A evolução da eletrônica exemplifica a diferença trazida pela nanotecnologia

**No início da década de 1970, cabiam 100 circuitos em 1 milímetro quadrado. Atualmente, cabem 100 mil circuitos no mesmo espaço**



## ANEXO IV. Produtos do projeto - Padlet por equipe.

### Meu padlet descolado

Criado com a ajuda necessária para ter sucesso

**Alguns fenômenos como:** gravidade, fricção, combustão, eletrostática... estão relacionados com escalas de tamanho:

Descoberto nos anos 80, porém já existem vestígios desde V.A.C.

Para compreender o pequeno grande mundo da nanotecnologia, é necessário mudar a maneira como observamos as coisas, não de acordo com a óptica, mas como o cérebro trabalha.

Através potencial multi-industrial aos olhos dos investidores

Investimento Global de US\$5 bilhões

**NANOTECNOLOGIA**

**Escala nanométrica**

Dentro da escala nano, existem vários prefixos que denotam a multiplicação de uma determinada grandeza. Porém todas estão associadas com potências de 10.

Atualmente existe cerca de 60 países que possuem iniciativas Nacionais.

Já há vários produtos no mercado atual com nanotecnologia

Nanotecnologia poderá diminuir o valor de produtos futuramente, visto que elementos mais baratos poderão exercer o papel dos mais caros.

A nanotecnologia vem ajudando a natureza, através da construção de sacolas mais sustentáveis oriundas de sementes de frutas

A nanotecnologia está presente na natureza, tanto em animais quanto nas plantas

Vale mencionar que efeitos naturais, como iridescência na borboleta azul, ventosas nas patas da lagartixa, efeito lótus e a resistência dos dentes comprovam que a nanotecnologia está presente nos pequenos detalhes que não damos tanta atenção assim.

No setor biológico, a nanotecnologia já oferece novas ferramentas para auxiliar na qualidade do tratamento à vida humana e promete oferecer ainda mais

A nanotecnologia vem ajudando na cura de doenças, Ex: Câncer de pulmão

### ALGUNS EXEMPLOS USANDO A ESCALA NANOMÉTRICA

**O QUE É A NANOTECNOLOGIA?**

A nanotecnologia é uma ciência que se dedica ao estudo de manipulação de matéria numa escala atômica e molecular lidando com estruturas entre 1 e 1000 nanômetros. Pode ser utilizada em diferentes áreas como, a medicina, eletrônica, ciência de computadores, física, química, biologia e engenharia dos materiais.

**KANDÍFRACO KERAXANE**

Atualmente é um novo fármaco estruturalmente utilizado para tratar de alguns tipos de câncer, como o câncer de mama, de pulmão e os adenocarcinomas de pâncreas metastáticos. O intuito do uso da nanotecnologia aqui é reduzir os efeitos colaterais do tratamento de câncer ao concentrar a ação do fármaco apenas nos tecidos afetados.

**SPRAY IMPERMEABILIZANTE**

A água é repelida e não penetra (1 bilionésimo de metro - m, portanto, os vestígios de água minúsculos são evitados). Estas nanopartículas se agregam e asseguram uma rede forte, com penetração profunda e ligação molecular com os átomos do material de base. A camada transparente, tipo "vidro líquido", tem uma espessura de 1 ou 2 micrômetros de um fio de cabelo humano, porém é flexível e um dia será resistente do mundo. Isto acontece porque existem ligações atômicas ao invés de simplesmente ser uma camada que é depositada na cima do material de base.

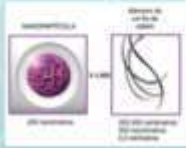
**A HISTÓRIA DA NANOTECNOLOGIA**

<p><b>NANOTECNOLOGIA</b></p> <p>A história começa no séc. V a.C. com Lócida, que desenvolveu uma teoria de que tudo seria composto de partículas minúsculas indivisíveis e invisíveis a olho nu. Os gregos chamavam de <b>ÁTOMOS</b>. Durante os séculos, houve a</p>	<p><b>DALTON</b></p> <p>No séc. XIX, o químico Dalton acrescentou o termo de indivisibilidade e os compôs com "bolinhas de bilhar". Ele também enunciou que "as compostos eram constituídos por átomos com rantes específicos", e que átomos de um tipo de elemento tinham de</p>	<p><b>RUTHERFORD</b></p> <p>No séc. XX, Rutherford descobriu que os átomos eram compostos de espaço vazio com núcleos densos carregados positivamente e circundados por elétrons negativos. Ele se compôs com o modelo sistema "bolinhas".</p>	<p><b>FARADAY</b></p> <p>No 1837, em seus experimentos com células de metal, ele observou que a oxidação das partículas de ouro adicionadas em sua composição, pode fazer com que o ouro adquira várias colorações, pelo fato de as partículas de ouro terem cores de 23</p>	<p><b>BOHR</b></p> <p>No 1913, Bohr propôs que o núcleo pelo qual os elétrons giravam em redor os núcleos em órbitas e que apenas alguns deles eram permitidos. Esta modelo permitiu a explicação do espectro de emissão do átomo de hidrogênio.</p>	<p><b>RICHARD FEYNMAN</b></p> <p>No 1959, ele chamou a atenção para o fato de que, as dimensões atômicas trabalhavam-se com leis diferentes, por tanto era de se esperar eventos diferentes.</p>	<p>No últimos 30 anos, diversos laboratórios de mundo desenvolveram pesquisas na direção de nanotecnologia, principalmente, sistemas eletrônicos, nanopartículas, sistemas conectados.</p>
---	---	--	--	--	--	--

### TAMANHO

De uma forma simplificada, podemos definir nanotecnologia como sendo o termo utilizado para descrever a criação, manipulação e exploração de materiais em escala nanométrica.

Aqui cabe outra definição, um nanometro (abreviada como nm) é um metro dividido por um bilhão, ou seja, 1nm é igual a  $10^{-9}$  m. Somente para se ter uma ideia de tamanho, um fio de cabelo tem cerca de 100nm. Já quanto à luz de diâmetro, ou seja, é 200.000 vezes maior que um nanometro.



O diâmetro de uma nanopartícula pode variar entre 1 e 100 nanômetros - por definição, esta é a escala em que a nanotecnologia opera. Além disso, ela utiliza propriedades físicas e químicas diferentes das de uma partícula maior, de idêntica composição. Primeiro, porque as leis da Física Clássica, que regem o mundo micro e macroscópico, dão lugar às da Mecânica Quântica, que explicam os fenômenos presentes no âmbito da escala atômica - aqui, por exemplo, a gravidade não conta, e o comportamento dos elétrons é de extrema importância. Segundo, e talvez mais relevante, porque uma determinada quantidade de material quando no nível de nanopartículas ocupa uma superfície de contato muito maior que a mesma quantidade do mesmo material em partículas maiores.

### MANEJO

'Pequeno' é muito pequeno, algo que não se consegue ver à olho nu. A nanotecnologia é o estudo de materiais nanoparticulados e de suas propriedades.

- Sistema: capacidade de sintetizar novos materiais em pelo menos uma dimensão nanométrica e em forma desejada.

- Caracterização e análise dos nanomateriais: conhecer as propriedades intrínsecas destes, como composição, morfologia, estrutura e, assim gerar materiais com propriedades predefinidas. Já a nanotecnologia é a destreza de manipular estruturas em escala nanométrica com o objetivo de desenvolver materiais com propriedades melhoradas ou totalmente novas.

Mas não é só coisa boa, existem também alguns riscos, conhecidos como nanotoxicidade, como são nanopartículas o risco é menor mas não é nulo, é muito fácil de ser 'infetado' já que são partículas minúsculas e penetram facilmente na pele, por isso e mais motivos os cientistas ficam sempre protegidos, com luva, jaleco, etc.



- Caracterização e análise dos nanomateriais: conhecer as propriedades intrínsecas destes, como composição, morfologia, estrutura e, assim gerar materiais com propriedades predefinidas. Já a nanotecnologia é a destreza de manipular estruturas em escala nanométrica com o objetivo de desenvolver materiais com propriedades melhoradas ou totalmente novas.

Mas não é só coisa boa, existe também alguns riscos, conhecidos como nanotoxicidade, como são nanopartículas o risco é menor mas não é nulo, é muito fácil de ser 'infetado' já que são partículas minúsculas e penetram facilmente na pele, por isso e mais motivos os cientistas ficam sempre protegidos, com luva, jaleco, etc.



### PRODUTOS NANOTECHNOLÓGICOS

Como é possível notar ao avançar na leitura de Cartilha, a nanotecnologia não é somente promessa de futuro. Existe uma nanotecnologia permeando quase todo o setor produtivo mundial, ainda que de forma mais pronunciadamente incremental do que revolucionária, ocupando e fazendo parte dos portfólios de um grande número de empresas, sejam as tipicamente nanotecnológicas, sejam aquelas que estão rapidamente se adequando aos novos tempos.

De setores que mais têm se destacado no lançamento de produtos obtidos por via nanotecnológica:

- Energia
- Iluminação Automotivística
- Embalagens Conectadas
- Têxteis Fibrados Esportivos

No Brasil, existem no mercado vários produtos que incorporam o conhecimento nanotecnológico. A disseminação dos mesmos para o grande público é feita por meio de campanhas publicitárias ou seleções das empresas.

- Pigmentos para tintas decorativas de cabelo
- Lápis
- Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial - ABDI
- Tratamento de Água Esterilizadora Conectada Palmilhas de Água



📖 **My glorious padlet**  
Made with a tool nobody

#### O QUE É NANOTECNOLOGIA

Não é tão pequeno que se consegue ver a olho nu. Um grão de sal é muito maior do que um grão de areia. Uma molécula é muito menor, e já está dentro de cada célula do corpo humano. A nanotecnologia está presente desde o surgimento da humanidade até o presente.

A palavra nan que se faz o nanotecnologia foi em Dezembro de 1993 pelo físico Richard Feynman que sugeriu sobre um livro chamado "There's Plenty of Room at the Bottom", o que significa em português de hoje, "há muito espaço na base".

A nanotecnologia é uma prática tecnológica que utiliza materiais, química, física, biologia e engenharia para criar estruturas em escala atômica, molecular e celular. Ela possibilita a criação de novos materiais e dispositivos que não são possíveis com a tecnologia atual.

A nanotecnologia é uma prática tecnológica que utiliza materiais, química, física, biologia e engenharia para criar estruturas em escala atômica, molecular e celular. Ela possibilita a criação de novos materiais e dispositivos que não são possíveis com a tecnologia atual.

#### HISTÓRIA

Nanotecnologia já faz parte da história há milhares de anos. Desde os antigos egípcios até os modernos cientistas, a humanidade sempre buscou maneiras de controlar e utilizar a matéria em escala atômica e molecular.

A palavra nanotecnologia foi criada em 1993 pelo físico Richard Feynman em seu livro "There's Plenty of Room at the Bottom". Desde então, a nanotecnologia tem se desenvolvido rapidamente, com avanços significativos em áreas como medicina, eletrônica e materiais.

A nanotecnologia é uma prática tecnológica que utiliza materiais, química, física, biologia e engenharia para criar estruturas em escala atômica, molecular e celular. Ela possibilita a criação de novos materiais e dispositivos que não são possíveis com a tecnologia atual.

#### NANOTEAM

Projeto  
Linha  
Módulo  
Versão  
Número  
ISBN

#### UTILIZAÇÃO EM PRODUTOS

Os nanotecnologias são utilizadas em uma variedade de produtos, desde materiais de construção até dispositivos médicos. Alguns exemplos incluem:

- Tintas e revestimentos: Nanopartículas são usadas para criar superfícies autolimpantes e resistentes à corrosão.
- Medicamentos: Nanopartículas são usadas para entregar medicamentos diretamente às células afetadas.
- Eletrônicos: Nanotecnologias são usadas para criar componentes mais pequenos e eficientes.
- Alimentos: Nanopartículas são usadas para melhorar a conservação e o sabor dos alimentos.
- Energia: Nanopartículas são usadas para melhorar a eficiência de células solares e baterias.

#### A ESCALA NANO

Um nanômetro (nm) é igual a um bilionésimo de um metro. Isso significa que um nanômetro é muito menor do que um grão de areia ou até mesmo uma célula humana.

Embora seja muito pequeno, a nanotecnologia tem um impacto enorme na sociedade. Ela está permitindo a criação de novos materiais, medicamentos e dispositivos que podem melhorar a qualidade de vida e resolver alguns dos maiores desafios da humanidade.

#### ENTENDA O TAMANHO

Quando se fala em nanotecnologia, é importante entender o tamanho das estruturas envolvidas. Uma molécula de DNA tem cerca de 2 nanômetros de espessura, enquanto um grão de areia tem cerca de 50 micrômetros de diâmetro. Isso significa que as estruturas nanométricas são muito menores do que o que podemos ver a olho nu.

Apesar de serem tão pequenas, as nanotecnologias têm um impacto enorme na sociedade. Elas estão permitindo a criação de novos materiais, medicamentos e dispositivos que podem melhorar a qualidade de vida e resolver alguns dos maiores desafios da humanidade.



😊 **nanoteam de 6**  
Criado com amor e cansaço

Não começou a existir no início dos anos 190, e sim lá no século V a C.

Com Leocipo de Mileto, o que desenvolveu a teoria de que tudo era composto de minipartículas individuais e indivisíveis a olho nu, famoso átomo.

Séc. XIX: John Dalton dizia que átomos seriam como bolas de biliar e que os elementos eram constituídos por átomos de mesmo tipo, indivisível.

Séc. XX: Rutherford Ernest propondo o modelo atômico similar ao "sistema solar", depois de ter descoberto que os átomos em sua maioria era constituídos de um espaço vazio com um núcleo denso positivamente e circundado por elétrons negativos.

Niels Bohr: explicou que os elétrons giravam em volta do núcleo em órbitas circulares e que algumas órbitas eram permitidas.

Partícula está relacionada com uma pequena porção de um material - disse a professora de química.

Para você entender melhor, pense na areia de uma praia... Quando a observamos de longe, a aparência é contínua, mas quando observamos de perto, é possível perceber que a areia é formada por pequenos grãos ou partículas. Essas pequenas porções de matéria guardam sua composição química e uma quantidade de partículas representa quimicamente toda a areia de uma praia.



### O que é Nanotecnologia?

O estudo que manipula a matéria em uma escala tanto molecular como também atômica. Dessa forma, é uma junção entre a tecnologia e a ciência que possibilita o estudo dos materiais nanométricos.

A nanociência e a nanotecnologia têm por meta a compreensão e o controle da matéria em escala nanométrica e o conhecimento da natureza na organização da matéria átomo por átomo, molécula por molécula, é o estudo e o conhecimento das técnicas e aplicações das nanotecnologias e está relacionada a diversas áreas do conhecimento humano (engenharia, física, química, biologia, eletrônica, computação, medicina). Um nanômetro, que é uma unidade de medida, representa um metro dividido por um bilhão.

Partícula está relacionada com uma pequena porção de um material - disse a professora de química. Para você entender melhor, pense na areia de uma praia... Quando a observamos de longe, a aparência é contínua, mas quando observamos de perto, é possível perceber que a areia é formada por pequenos grãos ou partículas. Essas pequenas porções de matéria guardam sua composição química e uma quantidade de partículas representa quimicamente toda a areia de uma praia.

### Os primórdios da nanotecnologia:

O nome 'nanotecnologia' foi pela primeira vez citado em dezembro do ano de 1959, pelo então físico norte-americano Richard Feynman. A base para a existência da nanotecnologia é o próprio nanômetro, que nada mais é do que uma unidade de medida como todas as outras, com exemplo para o metro ou para o quilômetro, por exemplo.

### Os primórdios da nanotecnologia:

É certo de que muitas são as dificuldades encontradas no

### Algumas invenções da nanotecnologia:

'Spray Impermeabilizante': O produto aplica uma camada de

### Algumas invenções da nanotecnologia:

'Termoplástico biodegradável': Através da adição do pó do

### Algumas invenções da nanotecnologia:

'O nano fármaco Abraxane': Abraxane é um nano fármaco

### Os primórdios da nanotecnologia:

É certo de que muitas são as dificuldades encontradas no momento de trabalhar com uma propriedade assim tão minúscula, sendo muitos os desafios encontrados nessa ciência até os dias atuais.

### Algumas invenções da nanotecnologia:

'Spray Impermeabilizante': O produto aplica uma camada de vidro líquido hidrofóbico cerca de 500 vezes mais fina que um fio de cabelo sobre a superfície a ser impermeabilizada, impedindo que a água e a sujeira entre em contato direto com o objeto.

### Algumas invenções da nanotecnologia:

'Termoplástico biodegradável': Através da adição do pó do caroço da manga em pequenas partículas a um bio composto gerado a partir de bactérias, é possível produzir um plástico biodegradável de baixíssimo custo.

### Algumas invenções da nanotecnologia:

'O nano fármaco Abraxane': Abraxane é um nano fármaco atualmente utilizado para tratar de alguns tipos de câncer, como o câncer de mama, de pulmões e os adenocarcinomas de pâncreas metastáticos.



### Nano tecnologia nos produtos:

**Tecidos:** Tecidos resistentes à sujidade e tecidos antibactericidas.  
**Embalagens:** Embalagens inteligentes, sensíveis a gases de decomposição de alimentos.  
**Cosméticos:** Protetores solares; produtos para recuperação da

### Nano tecnologia nos produtos:

**Energia:** Sistemas fotovoltaicos; células solares; grids de energia; baterias; pás para geradores eólicos.  
**Iluminação:** LEDs baseados em quantum dots para iluminação pública, domiciliar e arquitetônica



**As ideias de Mikhail Roco, que desenvolveu quatro gerações de nanotecnologia:**

- Sistemas de nanosistemas: em 2010, os grandes objetivos estão relacionados, sobretudo, à produção controlada de montagens de nanosistemas, de novas arquiteturas e redes para eletrônica, de desenvolvimentos da robótica e de sistemas evolutivos.
- Nanosistemas moleculares: até 2015-2020, tratar-se-á de construir novos dispositivos moleculares e de tornar possível sua concepção em nível atômico com a realização de funções emergentes.

**As ideias de Mikhail Roco, que desenvolveu quatro gerações de nanotecnologia:**

- Nanoestruturas passivas: de 2000 a 2005, a pesquisa trabalhou na primeira geração de produtos feitos de nanopartículas, superfícies e materiais nanoestruturados.
- Nanoestruturas ativas: a partir de 2006, as iniciativas de PSD se concentram na fabricação de elementos nanoeletrônicos (transistores, amplificadores), de sistemas de distribuição de medicamentos (drug delivery) e de estruturas adaptativas.

**Embalagens:** Embalagens inteligentes, sensíveis a gases de decomposição de alimentos.  
**Cosméticos:** Protetores solares, produtos para recuperação da pele.  
**Fármacos:** Novas formas de administração de fármacos (nanopartículas e nanopartículas; drug-delivery, terapia de cânceres).

**Edifícios:**  
**Iluminação:** LEDs baseadas em quantum dots para iluminação pública, iluminação e automobilística.  
**Automobilística:** Pinturas especiais (do riscar, auto-reparáveis).  
**Esportes:** Roupas esportivas auto-reparáveis e antibactericidas.

**Construindo uma nanotecnologia cada vez mais segura**

Construindo uma nanotecnologia cada vez mais segura um grande número de atividades tem sido realizado com o olhar voltado para os impactos da nanotecnologia sobre a saúde humana e o meio ambiente. Por se tratar de tecnologia emergente, a nanotecnologia ainda não tem um histórico importante relativamente a tais aspectos, o que determina a necessidade de estudos experimentais intensivos.

Ho várias previsões para o mercado global da nanotecnologia envolvendo a produção e a comercialização de produtos e equipamentos. Os mais otimistas chegam a falar em US\$ 3,5 trilhões, em 2018, como é o caso de Josh Wolf, da Lux Capital (USA). Segundo a Lux, o mercado global de nanotecnologia faltou em 2007, cerca de US\$ 146,4 bilhões.



## ANEXO V. Produtos à *Posteriori* – Finalização do projeto.

### **“Nanometricamente”**

Compositor e cantor: Lucas Chaves

*Nanotecnologia é o estudo de manipulação das matérias,  
em escala atômica e molecular.*

*E incluindo desenvolvimento de materiais associada diversas áreas como: medicina,  
eletrônica e física e biologia.*

*Um exemplo é na gastronomia,  
você faz uma omelete com nanotecnologia.*

*Você quer entender porquê?*

*Vou te explicar, já, já.*

#### **Refrão**

*Quebra as moléculas de proteína,  
nanometricamente,  
pra ela ficar bem gostosinha.*

*Quebra as moléculas em pequenas partes,  
pra omelete ficar bem fofinha. (bis)*

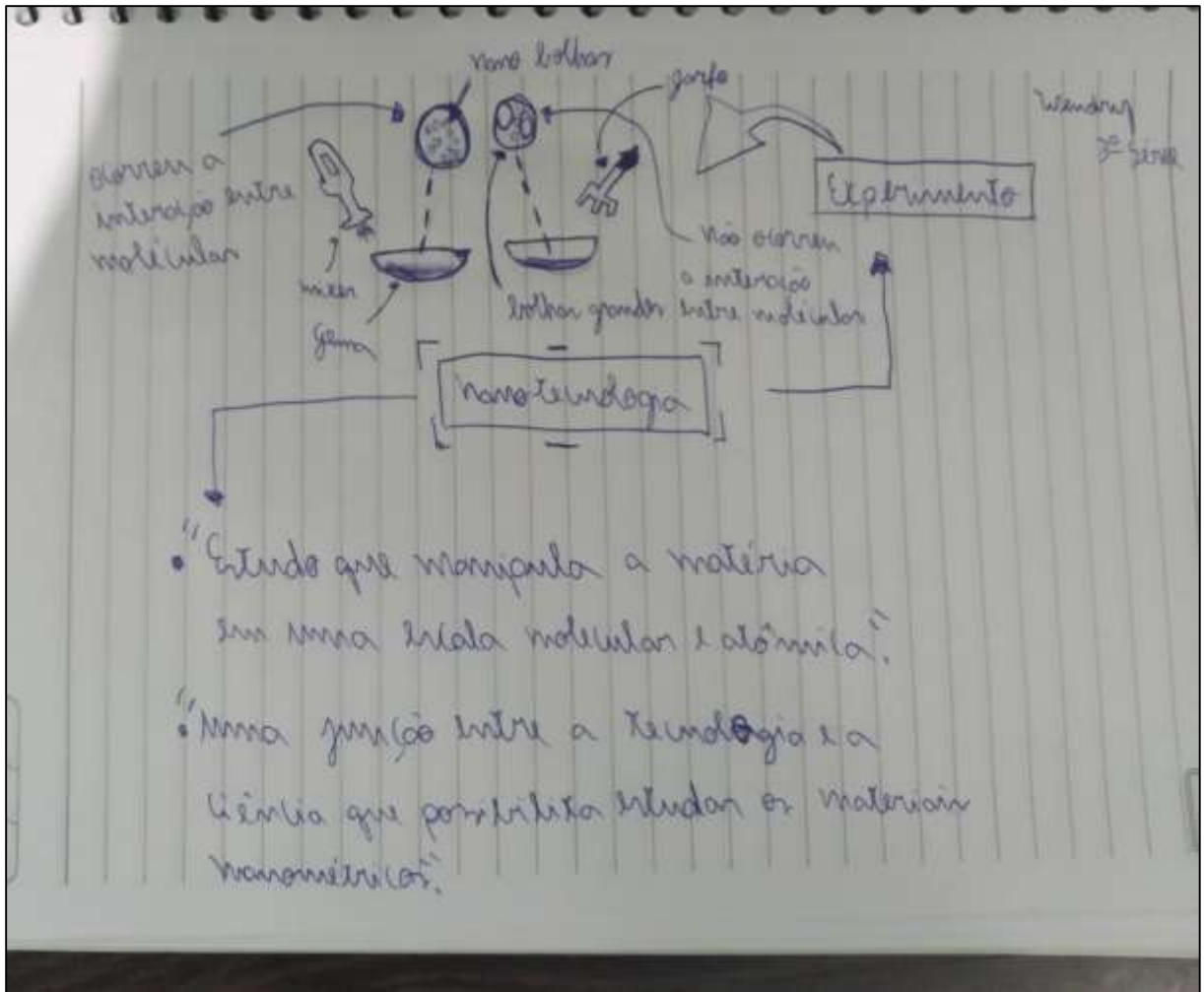
### **NANOTECNOLOGIA**

#### **Resumo**

*A nanotecnologia é o estudo em escala atômica e molecular, ela está no desenvolvimento de diversos matérias e pesquisas como a medicina, eletrônicos, ciência, engenharia, entre outros. O seu principal objetivo é a construção de estruturas e novos matérias a partir dos átomos, assim criando estruturas que poderão melhorar a versão do objeto, do que se estivesse em sua forma ‘normal’. Isso ocorre, pois, trabalhadas em nano escala tem um comportamento diferente, seja ela líquida, gás ou sólida, podem se tornar mais fortes, ganhar mais propriedades, ficar mais reativo e até mudar de cor. Por outro lado a nanotecnologia pode ser muito perigosa, porque elementos pouco reativos em escala normal, podem se tornar extremamente perigosos em escala manométrica.*

#### **Experimento**

*Em aula com a professora de química Carol Berger, realizamos um experimento que através da produção de uma omelete, podemos observar que, suas proteínas foram se destruindo ao longo que íamos agitando as moléculas que compõem o ovo, fazendo com que assim ele criasse uma nova espessura, a da omelete. Aprendemos também que quando há bolhas por cima da ‘massa’ da omelete, é quando se tem gotículas de ar presente nela.*




pedet


Luiza Castilho • 22m

**experimento do ovo**  
Criado com um momento de genialidade

Clara em neve colocada delicadamente, e balanceada, em contato com a água



A clara em neve, mesmo na pia, com passagem de água não se deformou



Clara em neve frita sem sal e sem óleo



**Minha representação do nutriente:**

Rosa: 1°  
Amarelo: 2° e 3°  
Verde: 4°  
Roxo: deformação da proteína

