

Revista de Educação, Ciência e Tecnologia do IFRS

# ScientiaTec

Volume 9, Número 1, Janeiro 2022



**INSTITUTO FEDERAL**  
Rio Grande do Sul

e-ISSN 2318-9584

# ScientiaTec

ScientiaTec: Revista de Educação, Ciência e Tecnologia do IFRS,  
Porto Alegre, v. 9, n. 1, ISSN 2318-9584

## Conselho Editorial

### Editora-chefe:

**Maria Cristina Caminha de Castilhos França**

IFRS - Campus Porto Alegre

**Evandro Manara Miletto**

IFRS - Campus Porto Alegre

**Filipe Xerxeneski da Silveira**

IFRS - Campus Porto Alegre

**Gabriela Fernanda Cé Luft**

IFRS - Campus Porto Alegre

**Lizandra Brasil Estabel**

IFRS - Campus Porto Alegre

**Magali Lippert da Silva**

IFRS - Campus Porto Alegre

**Telmo Francisco Manfron Ojeda**

IFRS - Campus Porto Alegre

## Conselho Científico

André Frazão Teixeira (UTAD, Portugal)

Andréa Poletto Sonza (IFRS, Brasil)

Carlos Roberto dos Anjos Candeiro (UFG, Brasil)

Clarice Monteiro Escott (IFRS, Brasil)

Diogo Onofre de Souza (URFGS, Brasil)

Fernanda Valli Nummer (UFPA, Brasil)

Franclim Costa do Nascimento (IFB, Brasil)

Júlio Xandro Heck (IFRS, Brasil)

Leandro Lesqueves Costalonga (UFES, Brasil)

Leonardo Xavier da Silva (URFGS, Brasil)

Luciana Calabro Berti (URFGS, Brasil)

Maria do Rocio Fontoura Teixeira (URFGS, Brasil)

Maria Helena Paiva Henriques (UC, Portugal)

Valdir José Morigi (UFRGS, Brasil)

## Editoração eletrônica

Maria Cristina Caminha de Castilhos França

Bruno Lentz - Bolsista Proppi (IFRS)

## Avaliadores ad hoc

Agmar José de Jesus Silva

Alessio Gava

Aline Silva Bona

Andréa Pereira Silveira

Andressa Peripolli Rodrigues

Angélica Araujo Queiroz

Antônio Nunes de Oliveira

Bruna Santiago dos Reis

Charlene Soares

Darlene Ana de Paula Vieira

Denise Maria Soares Lima

Duana Catarina Gerhardt Gnoatto

Gabriel Nunes de Oliveira

Ítalo de Paula Casemiro

Jailson Luiz Jablonski

Janine Farias Menegaes

Jonas Jonas Guimarães Paulo Neto

Lauro Chagas e Sá

Lizandra Estabel

Magali Lippert da S. Almeida

Mairon Melo Machado

Manuel Bandeira dos Santos Neto

Marcos Emerim

Rodrigo Luis dos Santos

Rômulo Maziero

Viviam de Paiva Carvalho



## Obtenção e caracterização comparativa de quatro diferentes composições elastoméricas baseadas em uma matriz única de estireno-butadieno

*doi.org/10.35819/scientiatec.v9i1.4159*

**Agmar José de Jesus Silva**

Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ)  
(agmarster@gmail.com)

**Resumo:** Em um trabalho prático de uma disciplina do curso de especialização em processamento de plásticos e borrachas do IMA/UFRJ, quatro diferentes formulações elastoméricas foram preparadas utilizando para tal uma mesma matriz de estireno-butadieno (SBR) e um único procedimento experimental, mas variando-se a carga utilizada em cada composição. As cargas utilizadas foram cinza da casca de arroz, silicato (mica) e carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ), sendo uma das composições correspondente ao SBR puro. O objetivo global do trabalho foi verificar a importância da composição das misturas elastoméricas, assim como analisar o efeito das diferentes cargas nas propriedades reológicas e mecânicas finais do material. As diferentes misturas foram feitas em misturador aberto de rolos e seguindo a norma ASTM D 3182. Após a vulcanização em uma prensa, as composições obtidas foram avaliadas com relação às propriedades reométricas de cura e propriedades mecânicas de resistências à tração e ao rasgamento, além da dureza (Shore A), cada qual conforme a sua respectiva norma ASTM. Foi verificado que o pó da casca de arroz e a mica exerceram os melhores efeitos reforçantes, uma vez que promoveram os maiores incrementos nos valores de módulo elástico e dureza Shore A, conferindo assim melhor desempenho mecânico ao artefato.

**Palavras-chave:** SBR; Composições elastoméricas com cargas inorgânicas; Propriedades mecânicas.

### **Obtention and comparative characterization of four different elastomeric compositions based on a single styrene-butadiene matrix**

**Abstract:** In a practical work of a discipline of the specialization course in plastics and rubber processing at IMA/UFRJ, four different elastomeric formulations were prepared using a single styrene-butadiene (SBR) polymeric matrix and the same general experimental procedure, but varying the type of filler in each composition. The fillers were rice husk powder, silicate (mica) and calcium carbonate ( $\text{CaCO}_3$ ), being one of the compositions corresponding to the pure SBR matrix. The overall goal of the work was to verify the importance of the elastomeric compositions, as well as to analyze the effect of the different type of fillers on the rheological and mechanical properties of the material. The different compositions were yielded in an open roller mixer, according with the ASTM D 3182 standard recommendations. After vulcanization in a press, the compositions were evaluated in relation to the curing rheometric properties and mechanical properties (tensile and tear strengths), in addition to hardness (Shore A), each of them according to the corresponding ASTM standards. It was verified that the rice husk powder and mica resulted in the best reinforcing effects, since that these fillers promoted the major increments in the values of elastic modulus and Shore A hardness, thus contributing to the better mechanical performance to the respective artifacts.

**Keywords:** SBR; Elastomeric compositions with inorganic fillers; Mechanical properties.

## INTRODUÇÃO

Os elastômeros (ou borrachas) são um grupo de materiais poliméricos importantes para os processos de fabricação de muitos ramos da indústria moderna, incluindo a automobilística, calçadista, construção civil, aeroespacial, biomédica, eletromecânica, entre outras (MORTON, 1987; ROCHA *et al.*, 2003; GUJEL, 2016).

O elastômero de origem natural mais conhecido é a borracha natural (NR) (MORTON, 1987; ROCHA *et al.*, 2003). Os de origem sintética incluem o copolímero de estireno-butadieno (SBR), o polibutadieno (BR), o terpolímero de etileno-propileno-dieno (EPDM), a borracha nitrílica (NBR), o policloropreno (CR) (ou neoprene), a borracha clorobutil (CIIR), as borrachas de silicone, e outros (GUJEL, 2016; MANO e MENDES, 1999; COELHO *et al.*, 2011, OLIVEIRA e VIRGOLINO, 2004; MARTINS *et al.*, 2008; CANEVAROLO JR., 2002; MORTON, 1989).

Teoricamente os elastômeros são polímeros (materiais macromoleculares) que exibem elasticidade à temperatura ambiente (CANEVAROLO JR., 2002). Estes materiais são encontrados geralmente na forma de composições elastoméricas, as quais podem apresentar uma ampla janela de propriedades (MANO e MENDES, 1999; CALLISTER, 2002; AMARAL, 2010). Por exemplo, um elastômero tem a capacidade de aceitar grandes deformações (> 200% até 700%), mantendo boa resistência mecânica e módulo elástico quando deformando e, em seguida, consegue recuperar suas dimensões originais rapidamente assim que a esforço mecânico é retirado (AKCELRUD, 2007; CANEVAROLO JR., 2002; ROCHA *et al.*, 2003). Esse comportamento está associado ao tipo de ligação química de suas moléculas e a sua característica viscoelástica, na qual o material se comporta simultaneamente como um sólido elástico e um fluido viscoso (CANEVAROLO JR., 2002; SILVA *et al.*, 2016; SILVA e COSTA, 2019).

Apesar de suas propriedades viscoelásticas intrínsecas, para garantir um bom e adequado desempenho dos materiais elastoméricos (e de seus artefatos), estes geralmente não são utilizados em sua forma pura, mas sim combinados com outros componentes diversos, originando as formulações (ou composições) elastoméricas (ROCHA *et al.*, 2003; COELHO *et al.*, 2011; OLIVEIRA e VIRGOLINO, 2004; MARTINS *et al.*, 2008).

As propriedades das composições elastoméricas são originadas de combinações químicas contendo elastômeros, substâncias químicas e aditivos, os

quais originam a formulação, além do tipo de processo de vulcanização e equipamentos escolhidos (ROCHA *et al.*, 2003; AMARAL, 2010; GUJEL, 2016; RABELLO, 2000, BLASS, 1985). A seleção do tipo e proporção dos componentes a serem combinados dependente das propriedades que se almeja obter nos artefatos, além de ser fundamental considerar também as condições de serviço às quais os mesmos serão submetidos (CALLISTER, 2002; SERRANO, 1994; RABELLO, 2000; GUJEL, 2016). Algumas das propriedades requeridas em compostos poliméricos são: dureza, resistência à tração e alongamento na ruptura, resistência ao rasgamento, módulo elástico, deformação permanente sob compressão (fluência), resiliência, resistência à abrasão, ao calor, ao ozônio e radiação ultravioleta (UV), a fluídos (água, óleos, combustíveis), a ácidos e bases, além de características dielétricas e impermeabilidade (ROCHA *et al.*, 2003, CALLISTER, 2002).

Conforme relatado por GUJEL, (2016) e ROCHA *et al.*, (2003), uma formulação elastomérica geralmente contém os seguintes componentes:

- Elastômero: é a matriz polimérica, a qual é escolhida de acordo com as propriedades químicas exigidas, como resistência a solventes, a óleos, ao ozônio e a produtos químicos;
- Agentes de vulcanização: substâncias cuja função é realizar as ligações cruzadas entre as macromoléculas dos elastômeros, fornecendo a estrutura tridimensional final da borracha e as propriedades físico-químicas almejadas;
- Aceleradores: são substâncias que reduzem o tempo de vulcanização, melhorando as propriedades físicas e a resistência ao envelhecimento das composições elastoméricas;
- Ativadores: acentuam a ação dos aceleradores, aumentando a velocidade do processo de vulcanização;
- Retardadores: são substâncias que podem reduzir a atividade dos aceleradores (retardamento do início da vulcanização), sem afetar as propriedades do vulcanizado;
- Antidegradantes: são substâncias que atuam retardando o envelhecimento do produto final, tais como os antioxidantes e os antiozonantes;
- Auxiliares de processo: são ácidos graxos, sais de ácidos graxos ou derivados destes. Atuam facilitando a incorporação de grandes quantidades de carga, além de facilitar as operações de processamento, tais como mistura, calandragem, extrusão e moldagem, reduzindo os custos de produção;

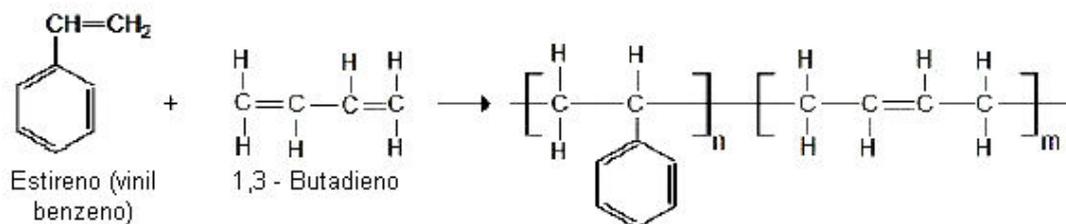
- Cargas: são compostos usados para reduzir os custos sem afetar as propriedades mecânicas do artefato (cargas inertes ou de enchimento), ou para reforçar as propriedades físicas do mesmo (cargas reforçantes);

- Plastificantes: atuam no processamento reduzindo a viscosidade durante a mastigação, a fim facilitar a incorporação dos demais componentes da formulação.

Além destas, outras substâncias com funções ainda mais específicas como, por exemplo, retardadores de chama e agentes de expansão (RABELLO, 2000), podem ser adicionados. O teor de cada componente de uma formulação elastomérica é expresso em *phr*, do inglês “*parts per hundred rubber*”, o que significa partes por cem de borracha, ou seja, para cada 100 *phr* de elastômero se define o teor em *phr* de cada aditivo a ser utilizado (GUJEL, 2016; ROCHA *et al.*, 2003).

A borracha de estireno-butadieno (SBR) é um copolímero oriundo da união dos monômeros de estireno ( $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{C}_6\text{H}_5$ ) e de butadieno ( $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}=\text{CH}_2$ ), tal como pode ser visto no esquema reacional da Figura 1. Conforme CAETANO, (2020), esta é uma borracha de uso geral, uma vez que possui boa resistência à abrasão. Sua resistência a agentes atmosféricos, tais como luz solar ou ultravioleta, oxigênio e ozônio, é moderada. Não é resistente à chama. Apresenta uma moderada resistência química a ácidos orgânicos, álcoois, cetonas e aldeídos, não sendo recomendada para ácidos fortes e concentrados ou hidrocarbonetos.

**Figura 1.** Ilustração da reação química de obtenção da borracha de SBR.



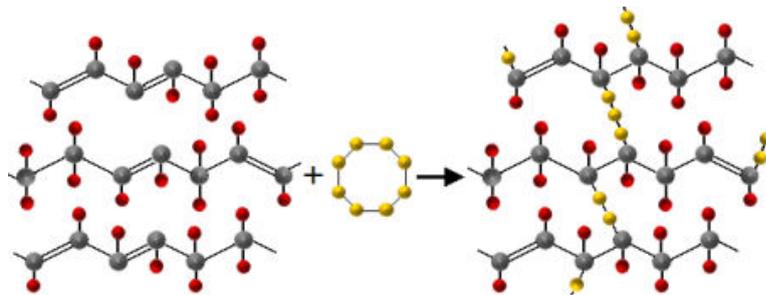
**Fonte:** Adaptado de CAETANO, (2020).

Entre as borrachas sintéticas, o SBR é utilizado em maior quantidade (cerca de 36%) (CAETANO, 2020). É aplicado em pneumáticos, correias, tubos e mangueiras, componentes para calçados, tapetes, pavimentos, artigos industriais diversos, etc. A sua popularidade advém, não somente de um conjunto de boas propriedades gerais, como também de um preço mais baixo comparativamente aos demais elastômeros. Adicionalmente, permite a fabricação de composições com um amplo leque de

propriedades físico-mecânicas (ROCHA *et al.*, 2003; CAETANO, 2020). De um modo geral, existem aplicações de composições de SBR para os mais diversos fins (AMARAL, 2010). Por exemplo, pequenas variações na quantidade de carga, ou no tipo destas pode causar mudanças significativas nas propriedades físicas da composição (ROCHA *et al.*, 2003, AMARAL, 2010). Também podem ser alteradas outras variáveis, tais como o teor de plastificantes, ativadores e/ou aceleradores e agentes de vulcanização, além da configuração do equipamento de processamento (RABELLO, 2000; BLAS, 1985, ROCHA *et al.*, 2003).

Devido às duplas ligações do butadieno, o copolímero de SBR pode ser vulcanizado, por exemplo, com enxofre, formando ligações cruzadas (AMARAL, 2010), ou seja, ligações entre moléculas lineares, produzindo redes tridimensionais com alta estabilidade, tal como exemplificado no esquema da Figura 2. A borracha não vulcanizada em geral não possui muita resistência mecânica, não mantém a sua forma após uma grande deformação e pode ser também muito pegajosa (GUGEL, 2016). A formação das ligações cruzadas é, portanto, uma das condições essenciais para garantir boas propriedades elásticas da borrachas e seus compostos (GUJEL, 2016; ROCHA *et al.*, 2003, CAETANO, 2020).

**Figura 2.** Representação genérica do processo de vulcanização da borracha.



**Fonte:** Adaptado de CAETANO, (2020).

Tendo em vista a importância da atividade experimental e de seu uso como recurso didático no ensino de conhecimentos químicos e correlatos, como de ciência e tecnologia de polímeros, e levando em consideração a grande abrangência e versatilidade do elastômero de SBR e suas composições do ponto de vista de sua processabilidade e aplicações industriais, este trabalho, o qual se originou de uma atividade prática do curso de Especialização em Processamento de Plásticos e

Borrachas do Instituto de Macromoléculas Professora Eloisa Mano da Universidade Federal do Rio de Janeiro (IMA/UFRJ), teve por objetivo avaliar, através da análise de propriedades reológicas e mecânicas, o efeito de diferentes cargas (cinza de casca de arroz, mica e carbonato de cálcio) na composição de quatro misturas elastoméricas à base de SBR.

## MATERIAIS E MÉTODOS

### Materiais

A Tabela 1 apresenta a relação dos materiais que foram utilizados para produzir as misturas (composições elastoméricas) deste trabalho. Tais misturas foram preparadas em um misturador de rolos *Berstorff*, seguindo os procedimentos da norma ASTM D 3182 (ASTM D 3182, 2006), a uma temperatura média de  $45,85 \pm 1,85$  °C e utilizando velocidades dos rolos anterior e posterior igual a 24,3 rpm (rotações por minuto), por aproximadamente 30 minutos.

**Tabela 1.** Componentes das formulações elastoméricas (em partes por 100 de borracha).

Componentes das formulações	Função	phr
Poli(butadieno-estireno) (SBR) estendido em óleo	Matriz elastomérica	137,5
Óxido de Zinco	Ativador	3
Ácido esteárico	Ativador	1
TBBS ou <i>N</i> -t-butil-2-benzotiazol-sulfenamida	Acelerador	1,38
Enxofre	Agente de cura	1,75
Mica, CaCO <sub>3</sub> , cinzas de casca de arroz	Cargas	20

Fonte: Autor (2020).

### Métodos

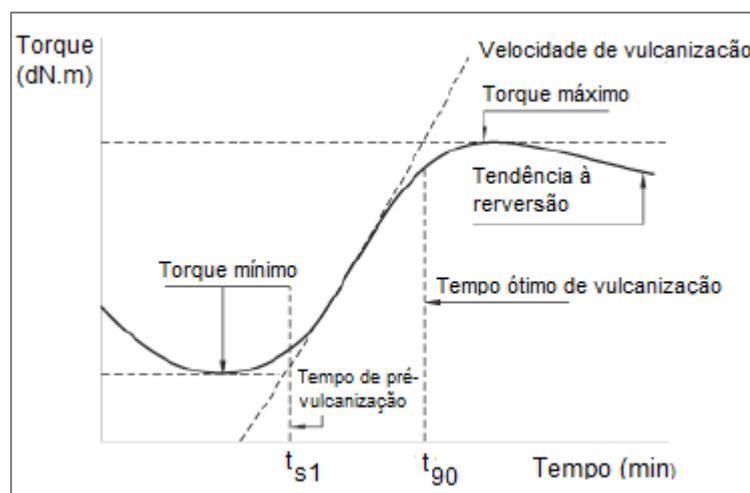
Após a obtenção das misturas, as etapas de preparação e avaliação das composições elastoméricas foram organizadas em três subseções, ou seja, 2.2.1 (reometria de cura), 2.2.2 (moldagem por compressão) e 2.2.2 (avaliação de propriedades mecânicas), as quais estão detalhadas a seguir.

## Reometria de cura

As propriedades reométricas de cura das composições (parâmetros de cura) são muito úteis para avaliar as características da vulcanização de um composto à base de material borrachoso. Um reômetro consiste essencialmente de dois pratos metálicos que são aquecidos e um registrador de torque *versus* tempo. No ensaio de reometria a amostra é colocada em uma cavidade termicamente regulada, e é feita a medida do torque de resistência do composto borrachoso frente a uma oscilação de baixa amplitude do rotor.

Neste trabalho, a técnica de reometria de cura foi realizada tendo por base as orientações da norma ASTM D 2084 (ASTM D 2084, 2006). Os parâmetros de vulcanização foram obtidos em um reômetro de disco oscilatório (*Rheometer ODR 2000*) da fabricante *Alpha Technologies*, à temperatura de 160 °C, arco (amplitude de deformação) de 1° e frequência de 1,67 Hz. Para este experimento foi utilizada uma amostra de aproximadamente 5 g do material inicial (não vulcanizado). A curva reométrica obtida, tal como a do modelo representado na Figura 3, forneceu os seguintes parâmetros:

**Figura 3.** Curva reométrica ilustrativa do comportamento do torque *versus* tempo.



**Fonte:** Adaptado de AMARAL (2010).

- Torque mínimo ( $T_{min}$ ): equivalente à viscosidade das composições à temperatura de vulcanização considerada;
- Torque máximo ( $T_{máx}$ ): equivalente ao módulo do vulcanizado;

- Tempo de pré – vulcanização ( $t_{s1}$ ): representa o início da vulcanização, e corresponde ao tempo necessário para aumentar o torque mínimo de 1 lbf.in quando se usa um arco de 1°;
- Tempo ótimo de vulcanização ( $t_{90}$ ): é o tempo necessário para o elastômero atingir 90% do torque máximo, conforme a Equação 1 (ROCHA *et al.*, (2003):

$$t_{90} = T_{máx} + [(T_{máx} - T_{mín}) \times 0,9] \quad \text{Equação (1)}$$

### **Moldagem por compressão e preparo de corpos de prova**

A moldagem por compressão foi a técnica de processamento utilizada para vulcanizar as composições de SBR e dar forma ao produto (artefato). Neste processo são utilizados moldes metálicos aquecidos, com controle de pressão e temperatura. O calor e a pressão implementados promovem a cura e a moldagem da composição (BLASS, 1985; HILLS, 1971).

Para a realização da moldagem por compressão e preparo de corpos de prova foram utilizados os equipamentos: prensa hidráulica de bancada, com aquecimento elétrico resistivo, modelo C, nº 33000-062 (Fred S. Carver Inc, USA); molde para ensaio de tração; molde para ensaio de rasgamento; e prensa para cortes juntamente com cunhos (*Parabor* Ltda.).

Os parâmetros para esta etapa foram determinados anteriormente, tendo por base a análise feito no reômetro de disco oscilatório (ODR). Assim, a temperatura de moldagem foi fixada em 160 °C, e o tempo de moldagem, compatível com o  $t_{90}$ , foi de 28 minutos. O tempo estabelecido é o que corresponde a 90% de cura da composição, pois é o tempo no qual se obtém as melhores propriedades mecânicas, evitando assim um tempo excessivo de cura, o qual poderia causar um aumento também excesso da quantidade de ligações cruzadas.

### **Propriedades mecânicas**

Os ensaios em materiais elastoméricos, puros ou em composições, assim como nos polímeros tradicionais, são necessários para se conhecer as propriedades destes, tais como propriedades mecânicas, térmicas, reológicas, entre outras.

Para tanto, torna-se necessário realizar ensaios que assegurem tanto um

processamento uniforme das composições quanto a qualidade desejada dos produtos finais. No caso dos elastômeros, a escolha do conjunto de ensaios depende das características e da complexidade das composições, bem como da disponibilidade de equipamentos. Alguns destes testes, as quais foram realizados no trabalho em questão, foram os ensaios de dureza e de resistência à tração e ao rasgamento, descritos a seguir.

A determinação da resistência à tração foi feita de acordo com a norma DIN 53504 (DIN 53505, 1988), utilizando uma máquina universal de ensaios EMIC, modelo DL 3000, com célula de carga de 20 kN e velocidade de separação das garras de 20 cm/min. Os corpos de prova foram cortados de acordo com o tipo S1 descrito na norma, com formato de gravata borboleta. Das curvas de tensão-deformação geradas foram obtidos os resultados de resistência à tração, módulo elástico e alongamento na ruptura das quatro composições avaliadas.

A determinação da resistência ao rasgamento foi feita de acordo com a norma ASTM D 624 (ASTM D 624, 2000) e utilizando-se o mesmo equipamento do ensaio de resistência à tração (máquina universal de ensaio EMIC, modelo DL 3000, célula de 20 kN). Os corpos de prova utilizados foram preparados de acordo com o modelo C, descrito na norma. Para estes testes a velocidade de separação das garras foi de 50 cm/min.

A determinação da dureza *Shore A* foi feita pelo uso da norma ASTM D 2240 (ASTM D 2240, 2005), utilizando para tal um Durômetro Shore modelo A-2 (*Shore Instrument and MFG Co*). Foram feitas 5 medidas em diferentes partes dos corpos de prova de 6 mm de espessura.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **Preparação das misturas de SBR em misturador aberto**

O experimento foi iniciado com a limpeza dos cilindros com pano umedecido em álcool. Após essa assepsia inicial, os cilindros foram também pré-alimentados com uma pequena carga de borracha natural enquanto eram rotacionados, o que garante a eliminação de resíduos remanescente de outros processamentos. Finalizada essa limpeza, foram então realizadas as etapas de 1 a 5.

1ª etapa. Acrescentou-se a borracha de SBR estendida em óleo entre os rolos, utilizando uma abertura entre eles de 1,15 mm, por um tempo de sete minutos. Nesse tempo foram feitos cortes alternados das extremidades até o meio do artefato para que houvesse a homogeneização completa (mastigação do material).

2ª etapa. Após os sete minutos de mastigação, acrescentou-se o enxofre por dois minutos, mantendo-se a abertura dos rolos em 1,15 mm. Durante esse tempo foram feitos cinco cortes no material para que houvesse uma boa incorporação do agente de cura na borracha, homogeneizando o composto.

3ª etapa. Após os dois minutos de homogeneização do enxofre foi acrescentado o ácido esteárico, por mais dois minutos, sendo feitos mais dois cortes da borracha visando promover a homogeneização.

4ª etapa. Após os dois minutos de homogeneização do enxofre, a carga foi acrescentada, durante um tempo de dez minutos, sendo a metade da adição de carga (10 phr) feita nos primeiros cinco minutos, utilizando uma abertura entre os cilindros ajustada em 1,25 mm, e aplicando um corte de cada lado a cada meio minuto de homogeneização. Após os primeiros cinco minutos foi acrescentada a outra metade da carga (10 phr), ajustando a abertura entre os cilindros para 1,40 mm, e aplicando novamente um corte de cada lado a cada meio minuto de homogeneização.

5ª etapa. Após a homogeneização total da carga acrescentou-se óxido de zinco + TBBS durante cinco minutos, mantendo-se a abertura dos cilindros em 1,40 mm. Nesse tempo foram aplicados seis cortes, sendo três de cada lado. Em seguida, a abertura do cilindro foi diminuída para 0,8 mm, por dois minutos, com o intuito de compactar os aditivos e homogeneizá-los na borracha. Nesse tempo foi feito mais um corte de cada lado. Por fim, a abertura do cilindro foi aumentada para 2 mm e a composição foi homogeneizada nos cilindros pelo tempo de um minuto. Esta última operação foi então repetida quatro vezes para que fosse garantida uma boa homogeneização final.

Ao término desta operação foi feita novamente a limpeza dos cilindros para preservação do equipamento. Em seguida foi feita a pesagem do material. A massa inicial de uma das amostras, de 164,63 g, apresentou um valor final de 164,26 g, isto é, 0,37 gramas foram perdidos no processo de mastigação e homogeneização da composição. Uma das amostras obtidas pode ser vista na Figura 4, onde as setas em vermelho indicam o sentido da orientação final das cadeias. Esse procedimento foi repetido tanto para a composição de SBR puro quanto para as demais, isto é, SBR

+ mica, SBR +  $\text{CaCO}_3$  e SBR + cinzas de casca de arroz.

**Figura 4.** Aspecto da mistura do elastômero de SBR com mica e aditivos, logo após os processos de mastigação e homogeneização.



**Fonte:** Autor (2020).

As amostras foram então acondicionadas em uma geladeira para relaxamento de cadeias, durante uma semana. Após este tempo as composições de SBR foram encaminhadas para as etapas de avaliação do comportamento reológico de cura e das propriedades físico-mecânicas das mesmas através da análise de resultados de testes de tração, rasgamento e de dureza Shore A.

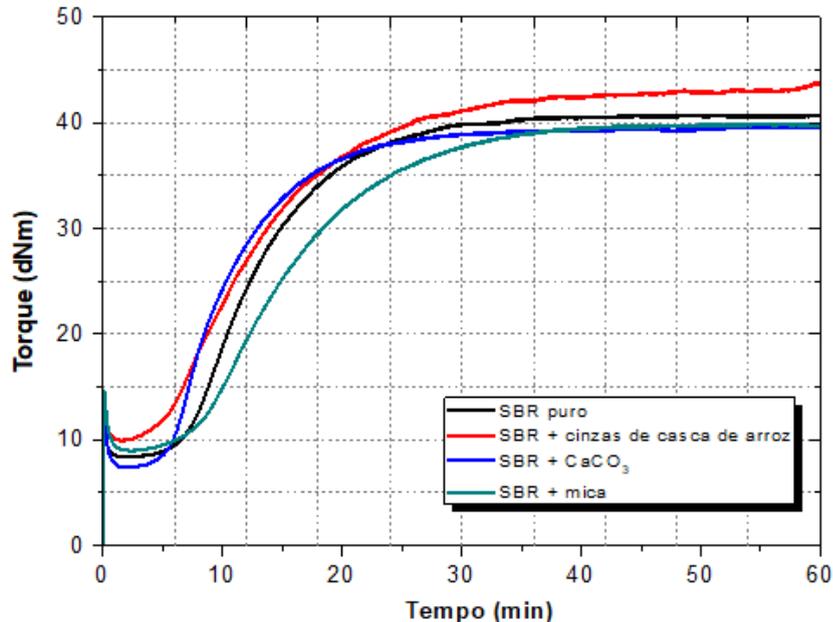
### **Determinação de parâmetros de cura**

O gráfico da Figura 5 apresenta as curvas de torque *versus* tempo para as quatro composições de SBR avaliadas. A partir deste gráfico foram calculados, com uso da Equação 1, os valores de torque a 90% de vulcanização ( $t_{90}$ ) (tempo ótimo), os quais foram utilizados posteriormente nas etapas de moldagem por compressão das composições de SBR, na temperatura em que foi realizado o teste reométrico.

A partir do gráfico da Figura 5 foram retirados também os valores de torque máximo ( $T_{máx}$ ), torque mínimo ( $T_{mín}$ ), variação de torque ( $\Delta M$ ) e de tempo de pré-vulcanização ( $t_{s1}$ ). Esses valores foram então sintetizados na Tabela 2. O tempo de pré-vulcanização ( $t_{s1}$ , segurança de processamento), está relacionado ao valor, em

minutos, correspondente a uma unidade de torque acima do torque mínimo, para o arco de 1°.

**Figura 5.** Curvas reométricas obtidas para as diferentes composições de SBR vulcanizadas.



Fonte: Autor (2020).

**Tabela 2.** Valores de torque máximo ( $T_{m\acute{a}x}$ ), torque mínimo ( $T_{m\acute{i}n}$ ), variação de torque ( $\Delta M$ ), tempo de pré-vulcanização ( $t_{s1}$ ) e tempo de ótimo de vulcanização ( $t_{90}$ ).

Composição	$t_{90}$ (min)	$t_{s1}$ (min)	$T_{m\acute{a}x}$ (dN.m)	$T_{m\acute{i}n}$ (dN.m)	$\Delta M$
SBR puro	23,02	6,18	40,78	8,34	32,44
SBR + Cinza de Casca de Arroz	27,23	4,34	43,85	9,93	33,92
SBR + CaCO <sub>3</sub>	20,06	5,22	39,66	7,36	32,3
SBR + Mica	28,01	6,08	39,93	8,94	30,99

Fonte: Autor (2020).

Com relação aos dados apresentados na Figura 5, o primeiro parâmetro fundamental a ser debatido é o tempo de pré-vulcanização ( $t_{s1}$ ). Para todas as composições, observa-se que nos primeiros minutos de ensaio, a viscosidade diminuiu, causando reduções no torque. Em seguida, com o aumento do tempo de ensaio, o comportamento elástico se tornou dominante e, conseqüentemente, observaram-se elevações no torque, evidenciado a formação das ligações cruzadas nas

composições. As composições de SBR + CaCO<sub>3</sub> e SBR + cinza de casca de arroz apresentaram os menores valores de  $t_{s1}$ . Tal fato indica que nestas duas composições o início da vulcanização ocorreu mais rapidamente do que nas demais. No entanto, esse resultado não significa que estas composições serão as que irão obter a cura da maior parte do material em menor tempo, uma vez que essa cinética pode mudar ao longo do tempo de ensaio, como será visto a seguir.

Analisando agora o conjunto de dados apresentados na Figura 5 e na Tabela 2, é possível discutir outro parâmetro de grande relevância, isto é, o  $t_{90}$  (ou tempo ótimo de vulcanização). Observou-se que as cargas de mica e de cinzas da casca de arroz originaram composições com valores mais altos de  $t_{90}$  em comparação à carga de CaCO<sub>3</sub> e também ao SBR puro. Isto significa que a mica e a cinza da casca de arroz são melhores no sentido de permitir um maior tempo de processo destas composições, por exemplo, em processamentos com extrusoras. Por outro lado, a carga de CaCO<sub>3</sub> apresentou o menor tempo de cura de 90% das ligações, indicando uma cinética de cura mais acelerada, ou seja, esta carga seria a melhor em termos de otimização do tempo do processo.

Com relação ao torque máximo ( $T_{máx}$ ), as cargas de mica e CaCO<sub>3</sub> geraram valores de  $T_{máx}$  muito similares ao torque máximo da goma pura e, ao mesmo tempo, inferiores ao  $T_{máx}$  da composição de SBR + cinza de casca de arroz, evidenciando um maior nível de reforço para carga de cinza de casca de arroz em relação às demais. No caso de uso do CaCO<sub>3</sub> comparativamente à mica, o carbonato resultou em uma composição com  $T_{máx}$  ligeiramente inferior em relação ao  $T_{máx}$  da composição de SBR + mica provavelmente porque o CaCO<sub>3</sub> tem um caráter mais de enchimento do que de reforço quando comparado à mica.

A composição de SBR puro, apesar de ter um  $T_{máx}$  compatível com aqueles das composições de SBR + mica e SBR + CaCO<sub>3</sub>, apresentou baixos valores de propriedades mecânicas (módulo elástico e dureza, discutidos adiante, no subitem 3.4), pelo fato de não conter carga. Ou seja, as propriedades mecânicas das composições, além de serem dependentes da vulcanização gerada, são fortemente dependentes também da carga adicionada, entre outros fatores.

O uso da carga de cinza de casca de arroz produziu um material com o maior valor de  $T_{máx}$  entre as demais, isto é, 43,85 dN.m, o que se deve certamente ao estabelecimento de um maior número de ligações cruzadas. Contudo, a curva de torque deste material indicou também que ele pode continuar curando após o  $T_{máx}$ , o

que ocorre devido ao fenômeno conhecido como “*marching cure*”, ou “cura progressiva”, o qual geralmente está associado à quebra de ligações polissulfídricas e posterior formação de ligações cruzadas com menor quantidade de átomos de enxofre, porém, aumentando o número total de ligações cruzadas com cadeias poliméricas (RAMOS, 2015; GOBBI, 2019). Tal fato demandaria cuidados adicionais caso esta composição fosse ser aplicada para produção futura de um artefato.

Com relação às curvas de torque das demais composições, a existência de platôs de torque após os respectivos  $t_{90}$  é indicativo de que os materiais estavam suficientemente curados, ou seja, foram estabelecidas redes reticuladas estáveis.

### **Moldagem por compressão e obtenção de corpos de prova**

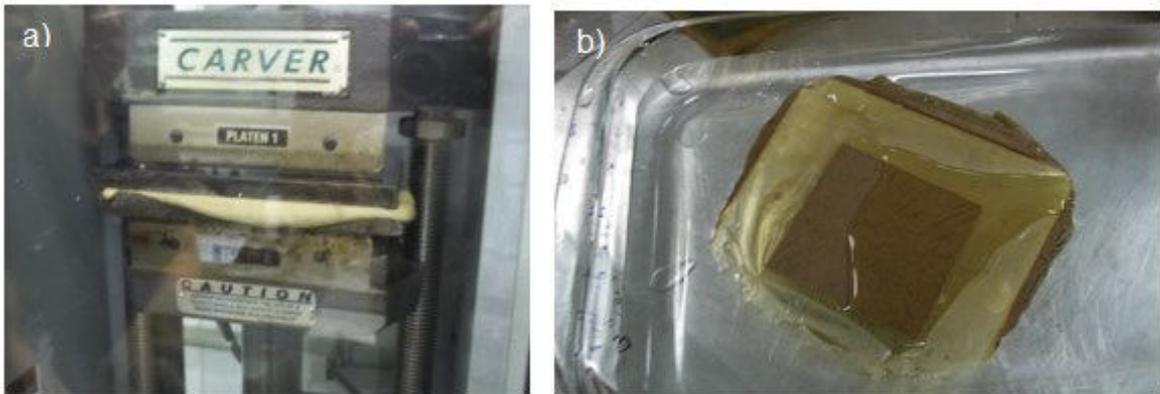
Após a fase de mistura (subitem 3.1), as composições de SBR obtidas foram moldadas em uma prensa e cunhadas com o auxílio de cunhos específicos para o preparo de corpos de prova para ensaios de tração e de rasgamento. As composições foram cunhadas no sentido em que passaram pelo misturador, pois este é o sentido final de orientação das cadeias poliméricas, as quais, por conta do processo, se posicionam na direção longitudinal ao fluxo de saída da massa polimérica do misturador. Para acessar as propriedades mecânicas do material de maneira adequada, é importante cortar os corpos de prova de forma que a força aplicada nos testes possa acompanhar a direção da orientação das cadeias.

Para realizar a moldagem por compressão das misturas de SBR, as placas da prensa foram inicialmente aquecidas até 160 °C. É importante que a temperatura esteja uniforme em todo o molde para que as composições possam ser moldadas e vulcanizadas adequadamente.

Após a estabilização da temperatura em 160 °C, a massa de cada uma das composições foi moldada nas mesmas condições, sendo uma por vez. Para tal, foram cortados das misturas pedaços com cerca de 20 g, os quais eram inseridos dentro do molde com dimensões 80 mm x 80 mm x 1,5 mm e submetidos a uma pressão de 15 Ton (tonelada-força). Durante o aquecimento e vulcanização do material dentro do molde (Figura 6a), eram realizados processos de degasagem, no quais a pressão era aliviada a zero e novamente retomada a 15 Ton, sendo este processo repetido por 10 vezes e, por fim, mantida a pressão em 15 Ton por um tempo de cerca de 28 minutos de processamento, o qual corresponde ao  $t_{90}$  encontrado no ensaio reômetro. Ao

término deste tempo o molde era descomprimido e retirado da prensa. Os artefatos eram retirados do molde e inseridos em um recipiente com água a temperatura ambiente (Figura 6b), encerrando a cura.

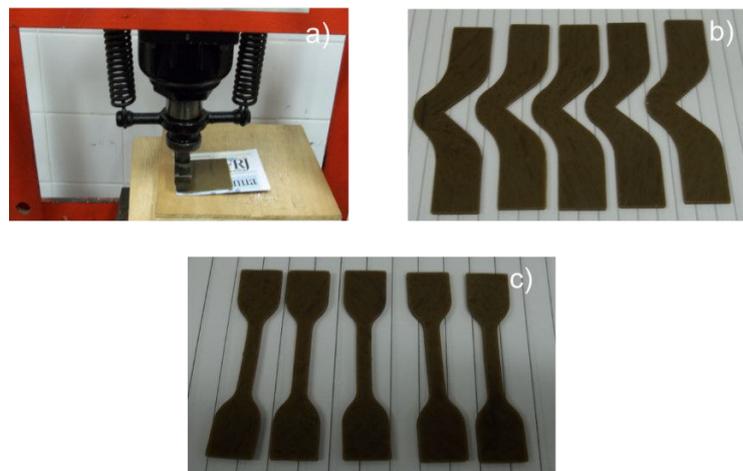
**Figura 6.** a) Moldagem por compressão de uma das composições de SBR. b) Resfriamento.



Fonte: Autor (2020).

Em seguida, os artefatos (placas de SBR) foram levados para a prensa de cortes (Figura 7a). Das placas de SBR foram cortados 5 corpos de prova para ensaios de rasgamento (Figura 7b) e outros 5 para ensaios de tração (Figura 7c). Todos os corpos de prova foram cortados de forma que a força aplicada nos testes pudesse acompanhar o sentido de orientação das cadeias.

**Figura 7.** Prensa para cortes dos corpos de prova de tração e rasgamento (a). Corpos de prova de rasgamento (b) e de tração (c).



Fonte: Autor (2020).

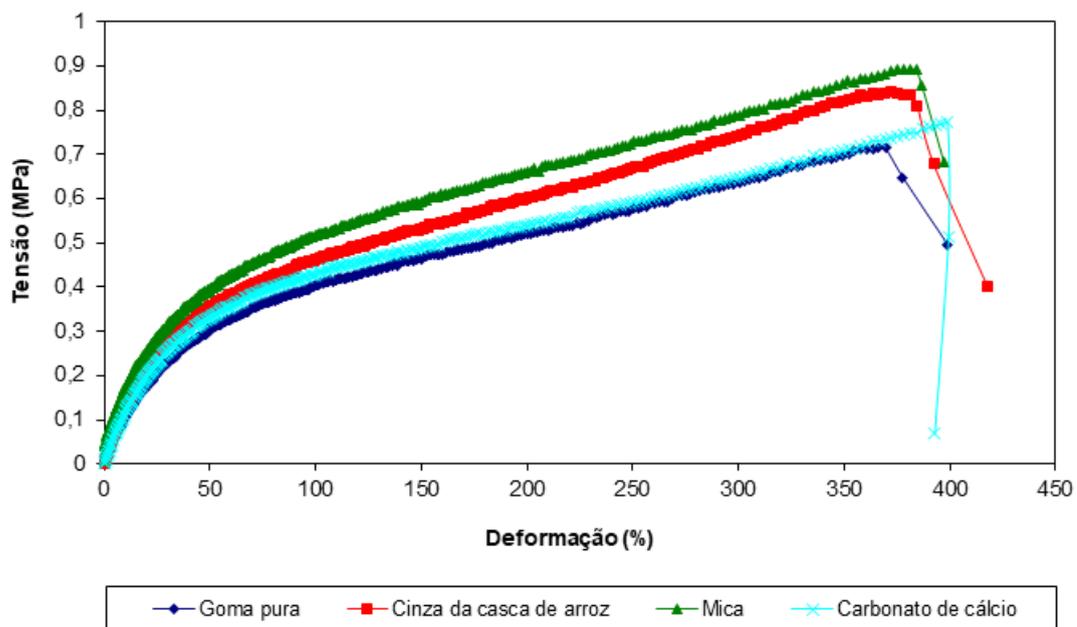
Os corpos de prova assim obtidos seguiram então para a etapa de

caracterização das propriedades mecânicas de dureza, de resistência à tração e de resistência ao rasgamento.

### Avaliação de propriedades mecânicas

A Figura 8 apresenta as curvas de tensão-deformação em tração uniaxial das quatro composições de SBR avaliadas. A partir destas curvas foram obtidos os valores das propriedades mecânicas de módulo de elasticidade a 100% e 300% de deformação, assim como a tensão e o alongamento na ruptura, tal como pode ser verificado na Tabela 3.

**Figura 8.** Curvas de tensão *versus* deformação das diferentes composições de SBR.



Fonte: Autor (2020).

A Tabela 4, por sua vez, apresenta os resultados de energia de ruptura, de resistência ao rasgamento e de dureza Shore A das quatro composições de SBR avaliadas.

A análise das curvas de tensão-deformação em tração uniaxial da Figura 8 e dos resultados das Tabelas 3 e 4, indicou inicialmente que todas as composições apresentaram módulos elásticos a 100% e 300% (Tabela 3) superiores ao módulo da goma pura, assim como exibiram também os maiores valores de energia de ruptura e de resistência ao rasgamento (Tabela 4). Além disso, percebeu-se que as

composições de SBR + pó de casca de arroz e de SBR + mica levaram aos maiores valores de dureza Shore A (Tabela 4), evidenciando desta forma o efeito das cargas sobre a matriz elastomérica.

Com base nestes resultados foi possível inferir que, caso o objetivo seja obter um artefato com baixa rigidez, estas duas composições (SBR + pó de casca de arroz e de SBR + mica) não seriam ideais, porém, se diferentemente o interesse for uma peça com maior exigência de rigidez em baixas ou altas deformações, elas seriam as composições mais adequadas.

**Tabela 3.** Resultados de propriedades mecânicas dos ensaios de tensão-deformação em tração uniaxial.

Composições de SBR	Módulo Elástico a 100% (MPa)	Módulo Elástico a 300% (MPa)	Tensão na ruptura (MPa)	Alongamento na ruptura (%)
SBR puro	0,40 ± 0,03	0,63 ± 0,01	0,71 ± 0,03	366 ± 11
SBR + cinza de casca de arroz	0,46 ± 0,01	0,73 ± 0,02	0,84 ± 0,05	381 ± 43
SBR + mica	0,51 ± 0,02	0,79 ± 0,03	0,90 ± 0,03	381 ± 27
SBR + CaCO <sub>3</sub>	0,45 ± 0,01	0,68 ± 0,02	0,77 ± 0,04	396 ± 28

Fonte: Autor (2020).

**Tabela 4.** Valores de energia de ruptura, resistência ao rasgamento e dureza Shore A de todas as composições avaliadas.

Composições de SBR	Energia de ruptura (N.mm)	Resistência ao Rasgamento (N/mm)	Dureza Shore A
SBR puro	323 ± 21	6,77 ± 0,71	23 ± 0,5
SBR + cinza de casca de arroz	415 ± 65	7,45 ± 0,76	27 ± 0,4
SBR + mica	413 ± 29	8,67 ± 0,91	26 ± 0,3
SBR + CaCO <sub>3</sub>	383 ± 41	4,38 ± 0,35	25 ± 0,4

Fonte: Autor (2020).

Adicionalmente, é possível observar que a composição de SBR + mica gerou o maior desempenho mecânico de todas as composições, em termos de módulo elástico (0,51 ± 0,02 MPa e 0,79 ± 0,03 MPa, a 100 e 300% de deformação, respectivamente). Esse comportamento pode ser identificado tanto nos dados da Tabela 3 quanto pela

observação das curvas da Figura 7, na qual a curva em verde (mica) se destaca das demais, apresentado maiores tensões de ruptura e módulo ao longo de toda a faixa de deformação avaliada.

A composição de SBR + casca de arroz gerou também um material com o segundo  $t_{90}$  mais alto (27,23 min) (Tabela 2), além de maiores valores de torque máximo (43,85 dN.m) (Tabela 2) e dureza Shore A ( $27 \pm 0,4$ ) (Tabela 4). Contudo, não superou a composição de SBR + mica em termos de módulo elástico a 100% e 300% (SBR + casca de arroz:  $0,46 \pm 0,01$  MPa e  $0,73 \pm 0,02$  MPa, a 100 e 300% de deformação, respectivamente). Além disso, o SBR + mica também apresentou o segundo maior valor de dureza Shore A ( $26 \pm 0,3$ ).

Dessa forma, foi possível inferir que essas duas composições (SBR + mica e SBR + cinza de casca de arroz) tiveram os melhores desempenhos finais em termos de propriedades tanto reológicas quanto mecânicas (considerando valores de módulo elástico em baixas ou altas deformações).

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

As composições de SBR com diferentes cargas foram obtidas com sucesso e foi possível ver que as cargas de fato exercem um forte efeito sobre as propriedades reológicas e mecânicas finais do elastômero vulcanizado.

O pó da casca de arroz e a mica exerceram os melhores efeitos reforçantes, ou seja, promoveram os maiores aumentos do módulo elástico a 100% e 300% e de dureza Shore A, gerando composições com melhor desempenho mecânico.

Por fim, com relação ao caráter pedagógico, o trabalho desenvolvido teve um impacto positivo na melhoria do processo de ensino e aprendizagem, uma vez que a atividade foi muito bem planejada e conduzida em um ambiente com infraestrutura laboratorial adequada e satisfatória. Assim, sua execução foi muito contributiva para a fixação do conhecimento científico relativo ao processamento de borrachas e sua vulcanização, previamente transmitidos em sala.

## REFERÊNCIAS

- AKCELRUD, L. **Fundamentos de ciência dos polímeros**. Barueri: Editora Manole, 1ª Edição, 2007.
- AMARAL, G. F. B. **Utilização de compostos elastoméricos à base de SBR carregados com barita em aventais isolantes de raios X**. 2010. 127 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Materiais) – Universidade Presbiteriana Mackenzie, SP, 2010.
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIAL STANDARDS (ASTM). **ASTM D 3182**: Standard practice for rubber – materials, equipment, and procedures for mixing standard compounds and preparing standard vulcanized sheets, EUA, 2006.
- \_\_\_\_\_. **ASTM D 2240**: Standard test method for rubber property – durometer hardness, EUA, 2005.
- \_\_\_\_\_. **ASTM D 2084**: Standard test method for rubber property – vulcanization using oscillating disk meter, EUA, 2006.
- \_\_\_\_\_. **ASTM D 624**: Standard test method for tear strength of conventional vulcanized rubber and thermoplastic elastomers, EUA, 2000.
- BLASS, A. **Processamento de polímeros**. Florianópolis: Editora UFSC, 2ª Edição, 1985.
- CALLISTER JR., W. D. **Ciência e engenharia dos materiais: uma introdução**. Rio de Janeiro: LTC, 1ª Edição, 2002.
- CANEVAROLO JR., S. V. **Ciência dos polímeros: um texto básico para tecnólogos e engenheiros**. São Paulo: Editora Artliber, 2ª Edição, 2002.
- CATEANO, M. **CTB – Ciência e tecnologia da borracha**. Disponível em: <<https://www.ctborracha.com/>>. Acessado em 22 de abril de 2020.
- COELHO, D. B.; MARIANO, M. R.; ZINE, C. L. G.; NUNES, R. C. R.; VISCONTE, L. L. Y. Influência da ordem de adição dos aditivos da mistura e do tipo de carga sobre propriedades mecânicas. **Polímeros: Ciência e Tecnologia**, v. 21, n. 3, p. 204–209, 2011.
- MORTON, M. **Rubber technology**. New York: Van Nostrand Reinhold Company, 3<sup>rd</sup> Edition, 1987.
- ROCHA, E. C.; LOVISON, V. M. H.; PIEROZAN, N. J. **Tecnologia de transformação dos elastômeros**. São Leopoldo: SENAI-CETEPO, Centro Tecnológico de Polímeros, 2ª Edição, 2003.
- GUJEL, A. A. **Desenvolvimento e caracterização de composições elastoméricas de EPDM com redução no teor de óxido de zinco**. 2016. 140 p. Tese (Doutorado em Engenharia e Ciência dos Materiais) – Universidade de Caxias do Sul, RS, 2016.

- MANO, E. B.; MENDES, L. C. **Introdução a polímeros**. São Paulo: Editora Edgard Bluncher, 2ª Edição, 1999.
- OLIVEIRA, M. G.; VIRGOLINO, M. H. Caracterização das propriedades reológicas e dinâmicas de composições de borracha natural com resíduo de EVA. **Polímeros: Ciência e Tecnologia**, v. 14, n. 5, p. 301–306, 2004.
- MARTINS, A. F.; NAPOLITANO, B. A.; VISCONTE, L. L. Y.; NUNES, R. C. R. Propriedades mecânicas e dinâmico-mecânicas de composições de policloropreno com negro de fumo. **Polímeros: Ciência e Tecnologia**, v. 12, n. 3, p. 147–152, 2002.
- DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG e. V. (DIN) Prüfung von Kautschuk - Shore A und Shore D - Härte-Test – **DIN 53505**, Alemanha, 1988.
- HILLS, D. A. **Heat transfer & vulcanisation of rubber**. London: Applied Science Publishers, Ltd., 1971.
- RABELLO, M. S. **Aditivção de polímeros**. São Paulo: Artliber Editora, 1ª Edição, 2000.
- SERRANO, C. L. R. **Serragem de couro ao cromo como carga para composições elastoméricas de SBR**. 1994. 150 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia – Área de Concentração: Ciência dos Materiais) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, RS, 1994.
- SILVA, A. J. J.; BERRY, N. G.; COSTA, M. F. Structural and thermo-mechanical evaluation of two engineering thermoplastic polymers in contact with ethanol fuel from sugarcane. **Materials Research**, v. 19, n. 1, p. 84–97, 2016.
- SILVA, A. J. J.; COSTA, M. F. Avaliação mecânica de materiais poliméricos utilizando indentação instrumentada (TII): Revisão de conceitos e estudo de caso. **Revista de Engenharia e Tecnologia**, v. 11, n. 4, p. 212–224, 2019.

## **(Im)Possibilidade de acesso ao ensino superior público: a reprodução da dualidade estrutural e simbólica**

*doi.org/10.35819/scientiatec.v9i1.4393*

**Rhuany Soares**

Instituto Federal do Rio Grande do Sul (IFRS)  
(rhuany.soares@ufrgs.br)

**Maria Cristina Caminha de Castilhos França**

Instituto Federal do Rio Grande do Sul (IFRS)  
(mcristina.franca@poa.ifrs.edu.br)

**Resumo:** Observa-se que a educação no Brasil, nas suas diferentes institucionalidades, não atua como espaço social neutro e comporta, na perspectiva de Pierre Bourdieu, práticas de reprodução social. Nesse sentido, busca-se relacionar a dualidade estrutural e simbólica que marca ainda hoje a educação no Brasil, tendo em vista a perspectiva histórica da educação profissional, que surge em 1909 como uma educação para os desvalidos em contraponto à educação propedêutica direcionada à elite. Essa estrutura é reflexo da dimensão econômica dominante que, em resumo, coloca em oposição uma educação voltada para o trabalho manual e uma educação voltada para o trabalho intelectual. Este artigo trata da manutenção da ausência de expectativas de acesso ao ensino superior público, fenômeno construído sistematicamente ao longo das trajetórias familiar e educacional dos estudantes das camadas populares. Ou seja, propõe-se uma reflexão crítica à desigualdade de classe cujo acesso à universidade pública revela e reitera, com base no contexto histórico e social de reprodução das desigualdades sociais que se concretizam também na história da educação profissional no Brasil.

**Palavras-chave:** Educação profissional; Reprodução social; Acesso ao ensino superior; Instituição pública de ensino superior.

### **(Im)Possibility of access to public higher education: the reproduction of structural and symbolic duality**

**Abstract:** It is observed that education in Brazil, in its different institutional ties, does not act as a neutral social space and includes, in Pierre Bourdieu's perspective, social reproduction practices. In this sense, we seek to relate the structural and symbolic duality that still marks education in Brazil today, in view of the historical perspective of professional education, which emerges in 1909 as an education for the underprivileged as a counterpoint to propaedeutic education directed to the elite. This structure is a reflection of the dominant economic dimension that, in short, opposes an education focused on manual labor and an education focused on intellectual work. This article deals with the maintenance of the absence of expectations of access to public university education, a phenomenon systematically constructed throughout the family and educational trajectories of students from the lower classes. In other words, a critical reflection on class inequality is proposed, whose access to the public university reveals and reiterates, based on the historical and social context of reproduction of social inequalities that are also concretized in the history of professional education in Brazil.

**Keywords:** Professional education. Social reproduction. Higher education access. Public institution of higher education.

## INTRODUÇÃO

A constituição e formação de um indivíduo singular encontra-se permeada e influenciada por todas as estruturas e simbolismos postos em universo social mais amplo. Quando falamos de um indivíduo não podemos pensá-lo como algo isolado e independente da sociedade e da realidade em que ele se encontra, ou seja, partimos da ideia de que suas escolhas, trajetórias, possibilidades, anseios e vivências serão determinados pelo âmbito social ao qual ele se insere.

A forma de sociedade dominante que temos hoje e que se manifesta de diferentes maneiras em cada indivíduo é aquela que tem como base a ideologia capitalista. Isso significa dizer que a estrutura social é demarcada por relações de classes sociais distintas e antagônicas. Assim, a produção de vida na sua totalidade é construída a partir de uma cisão e de uma desigualdade entre classes, caracterizando, de forma resumida, a existência de uma classe “dominante” e outra “dominada” que se encontram permanentemente em conflito.

A partir de uma leitura *bourdieusiana*, podemos definir as classes dominantes como aquelas que acumulam diferentes tipos de capitais e que se encontram no controle de diferentes campos sociais. Já as classes dominadas “se definem pela quase ausência de capital, sob qualquer forma, [sendo] condenadas à escolha do necessário” (BONNEWITZ, 2003, p. 59). O espaço social é, desta maneira, hierarquizado e estruturado pela desigual apropriação e distribuição dos variados capitais.

É importante ressaltar que a configuração da produção da vida humana fundamentada no capitalismo não se limita apenas ao domínio do plano material, mas atinge e se manifesta da mesma maneira e fundamentalmente no campo do imaterial. Desta forma, as diferenças de classes também serão representadas fortemente no âmbito do subjetivo, abarcando as consciências sociais e as representações de vida.

A maneira como acontece a incorporação dessas representações se dá pelo processo de socialização dos indivíduos e se encontra fortemente influenciada pelo espaço e pela posição destes no plano social. Esse processo acaba gerando e definindo a personalidade do ser social, criando aquilo que Bourdieu definiu como *habitus*, que nada mais é do que um sistema de disposições duradouras e transponíveis que são adquiridas na socialização. Essas disposições são caracterizadas pelas atitudes, inclinações para perceber, sentir, fazer e pensar,

interiorizadas pelos indivíduos em razão de suas condições objetivas de existência, e que funcionam então como princípios inconscientes de ação, percepção e reflexão (BONNEWITZ, 2003, p. 77).

Dito isso, e partindo da concepção de que os indivíduos são constituídos por um meio social e que este meio é marcado por relações desiguais de existência, podemos perceber e entender como “as representações dos agentes variam de acordo com a sua posição (e com os interesses associados a ela) e com o seu *habitus*” (BOURDIEU, 2004, p.158) e como as suas trajetórias sociais e oportunidades são consolidadas por meio dessa realidade.

Nesse momento é importante lembrar e enfatizar que essa realidade social e a forma como ela é constituída – e a forma que ela constitui seus indivíduos – não parte de um processo natural, mas sim que a manutenção e rigidez dessa sociedade de classes é feita a partir de diferentes processos de alienação, reprodução e legitimidade, que, “em grande parte, são assegurados [por uma] superestrutura jurídico-política e ideológica” (ALTHUSSER, 1985, p. 73).

Um dos meios em que percebemos que ocorre, ao mesmo tempo, toda essa socialização do indivíduo demarcada pela estrutura de classes e também a reprodução dessa lógica social de forma mais evidente e intensa se encontra dentro da instituição escolar. Assim, “a escola, como tudo no capitalismo, é, necessariamente, de classe” (BORGES, 2017, p. 112) e toda a “produção e divulgação do conhecimento não se faz alheia aos conflitos, antagonismos e relações de força que se estabelecem entre [estas] classes ou grupos sociais” (FRIGOTTO, 2008, p. 51).

### **O papel da escola na reprodução da dualidade estrutural**

Temos, então, a constituição de uma escola marcada pela sua dualidade, onde encontramos a diferença entre as escolas de elite, destinadas predominantemente à formação intelectual, e as escolas para as massas, que ou se limitam à escolaridade básica ou, na medida que tem prosseguimento, ficam restritas a determinadas habilitações profissionais (SAVIANI, 1994, p. 8).

No entanto, é criada uma falsa concepção de que a escola apresentar-se-ia como um espaço neutro e de garantia de igualdade de oportunidades, onde:

os indivíduos competiriam dentro de um sistema de ensino, em condições iguais, e aqueles que se destacassem por seus dons individuais seriam levados, por uma questão de justiça, a avançar em suas carreiras escolares e, posteriormente, a ocupar posições superiores na hierarquia social (NOGUEIRA; NOGUEIRA, 2002, p.16).

Ou seja, há a consideração equivocada de que os indivíduos teriam um mesmo ponto de partida em suas vidas, onde não se levaria em consideração sua origem social, sua cultura, os privilégios que cercam as relações de classe e muito menos a meritocracia envolvida neste contexto.

Historicamente, a dualidade estrutural foi constituída a partir da própria forma de organização do processo produtivo dentro do capitalismo, gerando uma organização escolar separada deste processo, e “essa separação entre escola e produção reflete, por sua vez, a divisão entre trabalho manual e trabalho intelectual” (SAVIANI, 2007, p. 157). Anteriormente tínhamos um tipo de educação que acontecia de maneira coexistente ao processo de trabalho, pois “os homens aprendiam a produzir sua existência no próprio ato de produzi-la. Lidando com a natureza, relacionando-se uns com os outros, os homens educavam-se e educavam as novas gerações” (SAVIANI, 2007, p. 154). No entanto, com o desenvolvimento do capitalismo e suas divisões de classe, ocorre, conseqüentemente, uma divisão no processo educativo - surge uma educação voltada propriamente para as atividades intelectuais e outra que permanece atrelada ao processo de trabalho. Esta primeira deu origem à instituição escolar e era voltada para as classes dominantes da sociedade, estabelecendo, de forma institucional, a separação entre as esferas trabalho e educação e estabelecendo também a quem pertencia cada uma dessas esferas.

A educação e a escola, de forma geral, são constituídas na sociedade capitalista a partir das desigualdades sociais, sendo uma forma de perpetuação e legitimação, principalmente, da cultura da classe dominante. As diferenças entre as classes não se encontram somente nas atividades desenvolvidas no âmbito do microsocial, ou seja, da sala de aula, mas se encontram também em tudo que envolve o universo escolar e educacional, abrangendo desde o próprio investimento nessas esferas sociais até a exigência que a sociedade faz para cada um destes grupos.

Por um lado, podemos analisar o grupo privilegiado da classe dominante em que um indivíduo consegue ter acesso não somente a uma formação institucional

considerada superior e elitizada, como também consegue carregar consigo toda uma bagagem cultural, derivada de sua trajetória social. Ainda, a forma como a sociedade exige que o conhecimento seja construído, reproduzido e avaliado também parte de uma concepção que valoriza esta camada social – a cultura da classe dominante é exposta como uma cultura universal. Por outro lado, nas camadas populares, os indivíduos se encontram desprovidos tanto de capital econômico quanto cultural e estão inseridos em espaços institucionais deficitários em muitos aspectos. Para muito além de todos os elementos da vida material dos grupos populares, “os alunos de camadas de renda mais baixa têm não só, em princípio, maiores dificuldades para obter um desempenho satisfatório, como não dispõem dos recursos e apoios que os de camada mais alta têm fora da escola” (VELHO, 2003, p. 22).

Desta forma, se examinarmos especificamente o contexto educacional brasileiro, percebemos que a manifestação dessa dualidade sempre esteve bem demarcada através da instituição de uma educação propedêutica para as elites e uma educação caracterizada como profissional para àqueles em condições mais desprovidas dentro da sociedade. Conforme Moura (2010), essa educação profissional brasileira passou por diferentes fases e diferentes objetivos no decorrer da história. Estando atrelada a uma origem de perspectiva assistencialista, ela também esteve posteriormente a serviço de necessidades econômicas do país, visando uma preparação mínima de operários no âmbito profissional. Assim, às classes populares correspondia uma formação profissional destinada a operar equipamentos, consolidando a dualidade estrutural e a funcionalidade da educação, reforçando o modo de produção subalterno e a reprodução das classes sociais (MOURA, 2010, p. 64).

A forma como a educação profissional se desenvolveu no Brasil acompanhou e foi coerente com todas as mudanças estruturais no país, principalmente de caráter econômico e político, e isso pode ser constatado, principalmente, no âmbito de todas as alterações legislativas no que diz respeito à educação. Assim, ora a educação profissional de ensino médio podia promover a habilitação ou não para o ingresso no ensino superior, ora tivemos a possibilidade de integração entre ensino médio e educação profissional técnica e ora a educação profissional sequer fazia parte da estrutura da educação regular brasileira. No fim, com todas as reformas relacionadas a esse tipo de educação, o que permaneceu fortemente foi a dualidade e uma formação que “nem confere uma contribuição efetiva para o ingresso digno no mundo

de trabalho nem contribui de forma significativa para o prosseguimento dos estudos no nível superior” (MOURA, 2010, p. 75).

Para além de toda essa dualidade educacional, é importante reforçar a percepção de que a própria dualidade social e de classes não se encontra vinculada somente aos aspectos objetivos da vida, mas que ela se relaciona profundamente com aspectos subjetivos, principalmente quando discutimos a questão escolar. Sabemos, de forma geral, que as diferenças estruturais entre escola pública, seja profissionalizante ou não, e escola particular provocam diferenças nas formações de alunos. No entanto, essa diferença também já se encontra e já é demarcada de forma anterior e externa à escola - ficando a esta o papel de reprodutora e potencializadora dessa conjuntura. As origens sociais fazem com que os investimentos ou projeções dos indivíduos sejam voltadas para determinadas trajetórias, inclusive porque esta origem “colocaria [os indivíduos] em condições mais ou menos favoráveis diante das exigências escolares [e da sociedade]” (NOGUEIRA; NOGUEIRA, 2002, p.18).

Neste sentido, podemos analisar a questão da origem social e de sua influência na educação a partir de aspectos familiares, por exemplo, onde “os pais que desfrutam de um capital cultural e social elevado dispõem de um número maior de fontes de informação sobre os cursos e estabelecimentos” (BONNEWITZ, 2003, p. 127) ou então, percebemos a perpetuação de toda lógica social no momento em que “o número de indivíduos que têm o mesmo status social que o de seus pais predomina. Nesse caso, fala-se de reprodução social ou ainda de hereditariedade social” (BONNEWITZ, 2003, p. 66).

Além do âmbito familiar, pode-se abarcar também a própria questão de investimento ou não na carreira escolar como um todo ou também em como isso é visto como parte integrante ou não do futuro de um indivíduo. A partir de toda composição do seu *habitus* de classe, as camadas populares tenderiam a investir menos na questão educacional.

Esse raciocínio indica que os grupos sociais, a partir dos exemplos de sucesso e fracasso no sistema escolar vividos por seus membros, constituem uma estimativa de suas chances objetivas no universo escolar e passam a adequar, inconscientemente, seus investimentos a essas chances (NOGUEIRA; NOGUEIRA, 2002, p. 23).

Ainda,

[...] esse habitus provoca uma auto-eliminação das categorias desfavorecidas. Os indivíduos aprendem a antecipar o seu futuro de acordo com a sua experiência do presente, e logo a não desejar aquilo que, em seu grupo social, aparece como eminentemente pouco provável (BONNEWITZ, 2003, p. 120).

Vemos que dessa forma, além do ambiente escolar ser mantido como um espaço interno dual e de reprodução entre classes e culturas, também lidamos com a problemática de que há todo um universo externo a isso que perpetua e naturaliza a condição em que os indivíduos se encontram no espaço social. Isso significa dizer que a formação dos indivíduos, seja ela institucional ou não, colabora para que as classes se mantenham e se vejam tais como foram apropriadas pela e na sociedade capitalista.

Ainda, a partir dessa ótica, é possível pensar que essa situação se agrava no momento em que os indivíduos atribuem a si qualquer responsabilidade sobre a sua situação social ou sobre as construções de suas trajetórias, dando a entender que suas dificuldades derivam de:

Uma inferioridade que lhes seria inerente, definida em termos intelectuais (falta de inteligência) ou morais (fraqueza de vontade), [ou seja], as diferenças nos resultados escolares dos alunos tenderiam a ser vistas como diferenças de capacidade (dons desiguais) enquanto, na realidade, decorreriam da maior ou menor proximidade entre cultura escolar e a cultura familiar do aluno (NOGUEIRA; NOGUEIRA, 2002, p. 30).

Toda a base dessa construção social nos leva a refletir sobre a maneira como os indivíduos pensam e se relacionam com a continuidade da carreira escolar. Voltando a discussão sobre a escola ser dual, e não deixando de pensar em como a sociedade contribui para que isso permaneça, o que se apresenta na realidade é uma formação das classes dominantes voltada para um âmbito mais intelectual e continuado, enquanto a formação das classes dominadas é pensada para dar conta de um espaço considerado mais profissional e limitada a um ensino básico. Essa situação é reforçada principalmente pelas necessidades e possibilidades relacionadas a cada uma das classes – por exemplo, a necessidade precoce de inserção no mundo do trabalho das classes populares. Assim, o que se apresenta é um indivíduo da classe dominante que poderá ter acesso aos mais diferentes meios culturais e acadêmicos, desde o início da sua trajetória de vida, recebendo uma educação fortemente interligada a sua posição de classe e criando um *habitus* correspondente a esta. Este

ainda terá uma base estrutural que permitirá que ele disponha de tempo e de oportunidades para investir quase que exclusivamente na sua carreira escolar, – investimento esse que viabilizaria a manutenção e reprodução do seu status de classe – reforçando a ideia de que “a possibilidade da excelência escolar só se realizaria plenamente entre aqueles que herdaram de seu meio social os recursos culturais necessários para atender às exigências implícitas das instituições” (NOGUEIRA; NOGUEIRA, 2015, p. 53).

Já uma análise das classes dominadas faz com que percebamos que todo o meio social influencia para que os membros deste grupo não somente permaneçam no espaço em que foram colocados dentro da sociedade como dificulta qualquer possibilidade de ascensão destes. Não apenas a realidade das instituições escolares públicas em que se encontram inseridos tem inúmeras carências, como também estes possuem restrições de investimentos também fora deste universo como, por exemplo, menor acesso a espaços culturais por questões econômicas/falta de conhecimento. Não podemos esquecer também que a classe dominada é predominantemente a classe trabalhadora, fazendo com que estes tenham como prioridade e necessidade nas suas vidas o mundo do trabalho em vez de um mundo acadêmico, assim, estes apresentam “um *habitus* fortemente marcado pelo sentido da necessidade e da adaptação a essa necessidade” (BONNEWITZ, 2003, p. 84).

Temos, então, que toda a problemática que envolve as questões de classe, escola e trajetórias são muito mais complexas e vão muito além de espaços institucionais delimitados - por mais que esses contribuam fortemente para a reprodução da lógica de classes.

Assim, o culto da hierarquia, puramente escolar na aparência, contribui sempre para a defesa e legitimação das hierarquias sociais na medida em que as hierarquias escolares, quer se trate da hierarquia dos graus e dos títulos ou da hierarquia dos estabelecimentos e das disciplinas, devem sempre alguma coisa às hierarquias sociais que elas tendem a reproduzir (BOURDIEU, 2014, p. 186).

Além de toda análise de dificuldades de acesso e das desigualdades que encontramos entre classes na educação básica, vemos a manifestação destas mesmas características duais no âmbito da educação superior, fortalecendo a continuidade e reprodução das trajetórias dos grupos sociais. Desta maneira, é colocado quase como natural que os espaços que permitem uma formação para

além da escola básica, e que possibilitariam o desenvolvimento ou aquisição de diferentes capitais, sejam ocupados predominantemente por indivíduos de classes dominantes. O que vivenciamos, então, é que:

Os alunos [...] das escolas públicas, quando conseguem ir até o final [do ciclo básico], porque por suposto estariam 'naturalmente' destinados à entrada imediata no mercado de trabalho, não devem dispor de condições para enfrentar os vestibulares das universidades públicas, pois não estão destinados a elas. [...] Em contrapartida, os filhos da alta classe média e da burguesia, formados nas boas escolas particulares, tornam-se a principal clientela da universidade pública gratuita (CHAUI, 2001, p. 37).

Além de todas as diferenças estruturais entre classes que acabam preparando e facilitando o acesso mais de um grupo social do que outro, a própria forma como os indivíduos se veem dentro da sociedade e a forma como suas trajetórias foram traçadas até o momento de ingresso no ensino superior também precisam ser levadas em consideração. A partir do momento em que um estudante começa a acreditar que o universo do ensino superior não caberia na sua realidade, a partir do momento em que ele nem cogita essa possibilidade por sequer saber que ela existe ou, pior, a partir do momento que a própria estrutura educacional em que ele está inserido limita seu acesso e o leva a ter apenas uma opção voltada para o mercado de trabalho, fica evidente a problemática da questão social envolvida. Sendo assim:

[...] por trás das atitudes e dos comportamentos diferenciados dos estudantes frente ao ensino superior, e que parecem decorrer de escolhas puramente individuais, se esconderia a influência ampla, difusa e acumulativa da origem social (NOGUEIRA; NOGUEIRA, 2015, p. 54).

Dito isso, podemos começar a entender porque a universidade, principalmente a universidade pública, permanece um espaço elitizado e com baixo acesso das camadas populares, mesmo com as recentes práticas de democratização de acesso. A preparação dos indivíduos para esse nível de ensino acaba sendo construída de forma objetiva e subjetiva desde o início das suas trajetórias, tanto de vida quanto escolar. A separação e demarcação dos membros que parecem possuir um direito "natural" à universidade é estabelecido em cada momento da vida por diferentes critérios, por diferentes instituições e por diferentes esferas da vida social. Assim,

torna-se evidente que [o] acesso está relacionado à origem social dos indivíduos, [pois] os jovens das camadas desfavorecidas seriam 'eliminados' ao longo de suas trajetórias escolares numa proporção extraordinariamente maior do que aqueles dos grupos socialmente mais favorecidos, fazendo com que os estudantes que atingem o nível superior de ensino sejam, majoritariamente, pertencentes a esses últimos grupos (NOGUEIRA; NOGUEIRA, 2015, p. 51).

A nossa sociedade é, então, construída por bases desiguais, que são dissimuladas, reproduzidas e legitimadas constantemente, e que apresentam um ciclo dual de privilégios e negações que são vinculados às classes sociais. Vemos que não apenas as instituições sociais - e aqui reforçamos o papel da escola - contribuem para perpetuar essa lógica social, como também toda a formação e constituição dos indivíduos, marcadas por sua origem e trajetória, influenciam na sua consolidação, ou seja, o *habitus* de classe faz com que as circunstâncias sociais dificilmente sejam rompidas.

### **O *habitus* de classe e a relação com a trajetória educacional**

Como já dito, as instituições escolares, sejam elas de ensino básico ou superior, refletem toda estrutura social e intensificam as discrepâncias existentes entre os indivíduos. Se por um lado temos a educação básica marcada por diferenças gritantes entre escola pública e privada ou propedêutica e profissional, onde o próprio direcionamento de cada uma delas se volta para um futuro mais intelectual ou "braçal", por outro, e conseqüentemente, vemos a limitação de acesso ao ensino superior marcado pela posição social e por essa educação.

Esse ciclo reprodutivo acaba sendo visto como natural, principalmente pelos indivíduos envolvidos nele. Desta forma:

[...] as oportunidades objetivas de cada grupo social condicionam as experiências dos atores, configuram suas esperanças subjetivas e suas escolhas concretas, fazendo com que os mesmo contribuam, sem que tenham plena consciência disso, para a realização de uma trajetória escolar e social bastante próxima ao que seria objetivamente (estatisticamente) mais provável para indivíduos com seu perfil social (NOGUEIRA; NOGUEIRA, 2015, p. 52).

Por esta razão que os membros das classes populares acabam acreditando

que o espaço da universidade, especialmente a pública, não lhes pertence ou é algo que se encontra quase que impossível de fazer parte da sua realidade, tanto por todas as questões econômicas quanto por acreditar que a capacidade de estar nesse lugar pertence a outra classe. Assim:

[...] a ideia, ainda hoje presente no senso comum, de que a entrada no ensino superior é resultado do mérito individual e [...] da livre manifestação de dons e talentos individuais [deve ser] desconstruída. [Pois] fica claro que as oportunidades de ingresso nesse nível de ensino, e em cada um dos seus ramos, estão diretamente associadas ao pertencimento social dos indivíduos (NOGUEIRA; NOGUEIRA, 2015, p. 48).

Sabemos que as desvantagens e limitações sociais de toda ordem estão presentes na realidade das classes populares. Também sabemos a dificuldade que é romper tanto com as categorias estruturais quanto simbólicas que estão impostas e sólidas na sociedade capitalista e que fazem com que as mudanças sejam ínfimas. No entanto, sempre podemos pensar que, por mais que existam forças que mantêm a sociedade com suas respectivas divisões, esta não é, e nunca será, completamente fixa. O espaço social é composto por diversos campos e os indivíduos, no decorrer de suas vidas, estão sujeitos a conhecer essa diversidade. Ainda, por mais que o *habitus* de classe apresente uma forte inércia, ele se encontra:

[...] sensível à mudança social, por um lado, quando surge um desajuste entre as condições de produção do *habitus* e as condições nas quais este é levado a funcionar. [...] Enquanto persistem as condições objetivas de formação do *habitus*, este continua adaptado a essas condições e permite ao agente adotar práticas corretamente ajustadas às diferentes situações que ele pode encontrar nos campos em que funciona habitualmente (BONNEWITZ, 2003, p. 88).

Tendo a percepção desta possibilidade de mudanças, podemos refletir sobre as propostas que conduziriam à uma ruptura ao que se encontra perpetuado de forma dual em nossa sociedade. Através dos escritos de Marx, Engels e Gramsci, a ideia seria partir de uma educação que visasse a autonomia e a emancipação humana, por meio de uma formação que conseguisse abranger as dimensões intelectual, cultural, física e tecnológica. Desta forma, o objetivo seria atingir uma formação, denominada por estes autores, como omnilateral, integral ou politécnica, onde uma de suas bases seria a indissociabilidade entre educação e trabalho. Desta forma, a proposta seria possibilitar uma formação que contribua para o desenvolvimento, nos sujeitos, da

capacidade de criação intelectual e prática, além de servir para a compreensão da totalidade social, tendo o trabalho como princípio educativo como sua base (MOURA, 2013, p. 711).

Pensando especificamente na realidade educacional brasileira, essa proposta apresenta inúmeras barreiras de ser concretizada plenamente, não apenas por toda dualidade, em vários aspectos, já apresentada, mas também por todo histórico econômico e político do país. Sendo assim, visando a construção futura de uma formação deste tipo, o objetivo seria seguir em uma direção que considerasse uma formação em nível de ensino médio integrado à uma educação profissional e tecnológica, sem os resquícios de uma profissionalização compulsória. Assim, segundo Moura (2013), a proposta é a criação de uma formação que entenda a necessidade da profissionalização, mas que esta esteja atrelada a uma educação intelectual, física e tecnológica, ou seja, uma educação que abarque as inúmeras esferas presentes na vida humana levando em consideração o ensino tanto teórico quanto prático. Este caminho se apresentaria como o germe da educação do futuro, a saber, a educação onmilateral.

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Ainda que se possa observar a atuação de movimentos sociais que buscam, nos mais diversos universos da sociedade, reduzir a desigualdade social no Brasil, a alteração para um posicionamento contra-hegemônico demanda tempo e muita mobilização. Vivenciou-se o retorno à democracia na década de 1980 e, junto a isso, uma Constituição Federal que olhou para a inclusão e a valorização da cidadania como aspecto fundamental na consolidação de um país democrático. Os desdobramentos desse percurso resultaram na eleição de governos que pautaram em suas campanhas a redução das desigualdades sociais e, nessa esteira, foram desenvolvidas e aprovadas políticas públicas das quais, as que abordaram a educação, sabidamente projetaram os resultados a longo prazo.

Entre as políticas da área educacional podemos citar, entre outras tantas: o acesso ao financiamento para o ensino superior; a ampliação e a capilarização de instituições de ensino superior ao longo do território nacional; o aumento da verba destinada à educação superior e outros níveis de ensino; a determinação de reserva

de vagas (cotas) às instituições de ensino público com os critérios de ordem étnica, de renda, de estudantes oriundos de escolas públicas, de alunos com deficiência; a criação dos Institutos Federais de Educação, Ciência e Tecnologia voltados à educação profissional e tecnológica (Lei nº11.892/2008) em diferentes níveis e modalidade de ensino; etc. Essas medidas impulsionaram o acesso à educação de modo geral, porém as práticas educativas e os limites às demandas regionais e locais e o acesso de estudantes de camadas populares ainda não atende à expectativa de superação das desigualdades sociais por meio de uma das dimensões cruciais a esse movimento.

Nesse contexto, a política desenvolvida para a educação profissional e tecnológica (2008) preconiza a formação profissional e do trabalho voltada ao fortalecimento da cidadania dos trabalhadores e a democratização do conhecimento. Os processos de ensino e de aprendizagem, por sua vez, pautados na politécnica e em uma estrutura sustentada pelos aspectos científicos, educacionais, tecnológicos e culturais resulta na indissociabilidade entre formação geral e profissional e em um lugar de destaque no desenvolvimento tecnológico nacional.

Isso exposto e com o que propõe esta discussão, compreende-se que os esforços na luta pela redução das desigualdades sociais e o papel da educação nesse contexto requer outras dinâmicas que envolvam o acesso das camadas populares a esses processos. Os dados produzidos sobre o público que tem buscado apropriar-se desses espaços construídos para a ruptura da produção e da reprodução de privilégios e da desvantagem social e econômica (BOURDIEU e PASSERON, 2014) mostram que as desigualdades estruturais estão profundamente internalizadas e incorporadas. Por sua vez, as instituições de ensino superior também estão organizadas de forma hierárquica, considerando o seu tempo de existência e o seu prestígio conquistado pela excelência dos resultados de anos de experiência educacional. Nesse contexto e com base na teoria *bourdieusiana*, os efeitos da educação sobre o destino não impedem as mudanças. Portanto, é possível acreditar que os indivíduos, a partir do momento em que têm a possibilidade de serem inseridos em novas práticas e saberes, considerando a sua agência diante da estrutura social e através da concepção de uma educação que não consolide a separação entre trabalho intelectual e trabalho manual, podem construir uma trajetória que avance no que diz respeito às expectativas para sua classe.

Fundamentalmente, é importante destacar que esse avanço impactará na

formação das próximas gerações. Esse cenário só será possível na medida que tivermos instituições de ensino que não operem uma divisão entre aqueles que pensam e aqueles que executam, ou seja, uma escola que não cumpra somente o papel de reprodutora e legitimadora das hierarquias sociais e das dualidades existentes.

## REFERÊNCIAS

- ALTHUSSER, L. **Aparelhos Ideológicos do Estado: nota sobre aparelhos ideológicos do Estado**. Rio de Janeiro: Edições Graal, 1985.
- BONNEWITZ, P. **Primeiras Lições sobre a sociologia de Pierre Bourdieu**. Rio de Janeiro: Vozes, 2003.
- BOURDIEU, P. **Coisas Ditas**. São Paulo: Brasiliense, 2004.
- BOURDIEU, P.; PASSERON, J.. **A Reprodução**: Elementos para uma teoria do sistema de ensino. Petrópolis: Vozes, 2014.
- CHAUÍ, M. *Escritos sobre a universidade*. São Paulo: UNESP, 2001.
- FRIGOTTO, G.. Interdisciplinaridade como necessidade e como problema nas ciências sociais. **Ideação: Revista do Centro de Educação e Letras da Unioeste**, n.10 p. 41-62, 2008.
- MOURA, D. Ensino Médio e Educação Profissional: dualidade histórica e possibilidades de integração. In MOLL, J. et al. **Educação Profissional e Tecnológica no Brasil Contemporâneo: desafios, tensões e possibilidades**. Porto Alegre: Artmed, 2010.
- MOURA, D. Ensino médio integrado: subsunção aos interesses do capital ou travessia para a formação humana integral. **Educ. Pesqui.** [online], vol.39, n.3, p.705-720, 2013.
- NOGUEIRA, C; NOGUEIRA, M. A sociologia da educação de Pierre Bourdieu: limites e contribuições. **Educ. Soc.** [online], vol.23, n.78, p.15-35, 2002.
- \_\_\_\_\_. Os Herdeiros: fundamentos para uma sociologia do ensino superior. **Educ. Soc.** [online], vol.36, n.130, p.47-62, 2015.
- SAVIANI, D. O trabalho como princípio educativo frente às novas tecnologias. In: Ferretti, Celso J. et al (Orgs.). **Novas tecnologias, trabalho e educação: um debate multidisciplinar**. Petrópolis: Vozes, 1994.

\_\_\_\_\_. Trabalho e educação: fundamentos ontológicos e históricos. **Rev. Bras. Educ. [online]**, vol.12, n.34, p.152-165, 2007.

VELHO, G. **Projeto e Metamorfose. Antropologia das sociedades complexas.** Rio de Janeiro: Jorge Zahar Editor, 2003.

# Estudo da concepção de um cicloergômetro para reabilitação de pacientes críticos

doi.org/10.35819/scientiatec.v9i1.3844

**Cassiano Rodrigues Moura**

Instituto Federal de Santa Catarina (IFSC)  
(cassianocrm@hotmail.com)

**Nathália Moreira Nanni Moura**

Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC)  
(natyflo@hotmail.com)

**Resumo:** Uma das preocupações do PDP – Processo de Desenvolvimento de Produtos está ligado as questões relacionadas a ergonomia. Está se preocupa fortemente com a reabilitação de pacientes, inclusive os que são internados em leitos hospitalares, onde um dos principais problemas relatados é a fraqueza muscular. A exposição desses pacientes os coloca frequentemente por um processo de imobilização prolongada, o que pode gerar danos, devido ao repouso excessivo. Diante disso este trabalho utiliza a metodologia do PDP alinhada as ferramentas de DfErg - Projeto para Ergonomia para a elaboração da concepção de um cicloergômetro para reabilitação de pacientes críticos em leito hospitalar. O procedimento metodológico seguiu uma sequência lógica de atividades, entre eles: avaliação do problema, revisão bibliográfica, desenvolvimento do projeto e avaliação dos resultados. O trabalho foi realizado em parceria com o LADEP – Laboratório de Desenvolvimento de Produtos, na UDESC. A metodologia aplicada iniciou-se com o Projeto Informacional onde são levantadas as informações necessárias sobre as necessidades relacionadas com auxílio da matriz QFD – Desdobramento da Função Qualidade e de pesquisa de mercado. Posteriormente foi desenvolvido o Projeto Conceitual onde a visão do mercado foi transformada em um conceito tecnologicamente atrativo, nesta etapa foi realizada a modelagem funcional do processo, a pesquisa pelos princípios de solução e a seleção de uma alternativa de concepção. Por fim foi realizado o Projeto preliminar onde foi apresentado o croqui do produto e uma lista preliminar de materiais.

**Palavras-Chaves:** Desenvolvimento de produto; DfErg – Projeto para ergonomia; Cicloergômetro.

## Study design of a cyclometer for rehabilitation of critical patients

**Abstract:** One of the concerns of the PDP - Product Development Process is related to ergonomic issues. It is strongly concerned with the rehabilitation of patients, including those admitted to hospital beds, where one of the main reported problems is muscle weakness. Exposure to these patients often puts them through a prolonged immobilization process, which can lead to damage due to excessive rest. Therefore, this work uses the PDP methodology aligned with the DfErg - Project for Ergonomics tools to elaborate the conception of a cycle ergometer for rehabilitation of critically ill patients in hospital beds. The methodological procedure followed a logical sequence of activities, including: problem evaluation, literature review, project development and results evaluation. The work was carried out in partnership with LADEP - Product Development Laboratory at UDESC. The applied methodology started with the Informational Project where the necessary information about the needs related to the QFD - Quality Function Deployment and market research matrix is collected. Subsequently, the Conceptual Project was developed where the market vision was transformed into a technologically attractive concept. At this stage, the functional modeling of the process, the search for solution principles and the selection of a design alternative were performed. Finally the preliminary project was carried out where the product sketch was presented and a preliminary list of materials.

**Keywords:** Product Development; DfErg - Project for ergonomics; cycle ergometer.

## INTRODUÇÃO

Uma preocupação recorrente no Processo de Desenvolvimento de Produto são as considerações com relação à ergonomia, a adaptação de produtos as características do usuário. Esses aspectos vêm sendo um grande campo de pesquisa nos trabalhos de desenvolvimento tecnológico, alinhado juntamente as tendências globais de crescimento populacional que podem implicar no aparecimento de doenças crônicas, além das doenças e acidentes em geral, relacionados ou não ao trabalho, assim gerando uma grande necessidade de processos e serviços de reabilitação de pacientes relacionados a ergonomia (PEREIRA & MONTEIRO, 2019).

Dul e Weerdmeester (2004) relatam que um princípio muito importante na aplicação da ergonomia é que os equipamentos são desenvolvidos para o uso coletivo, em geral os projetos de desenvolvimento de produtos atendem 95% da população, os 5% restante devem ser considerados projetos específicos para cada particularidade. Nesse contexto a ergonomia se difere de outras áreas do conhecimento, pois possui um caráter interdisciplinar, agrupando conhecimento para o bem comum dos indivíduos, principalmente os que estão em situação de vulnerabilidade, como pacientes em leitos hospitalares.

Durante o processo de recuperação de pacientes internados em leitos hospitalares um dos principais problemas relatados é a fraqueza muscular adquirida na unidade de terapia intensiva (UTI) que está associada a várias patologias, sendo o repouso no leito, o principal fator de risco envolvido nessa disfunção muscular dos pacientes críticos. Para esses tipos de pacientes os procedimentos fisioterapêuticos são os mais indicados e geram benefícios através de alterações hemodinâmicas, sendo considerados seguros e podendo ser realizados na maioria dos pacientes sem acarretar prejuízos para o processo de recuperação. A utilização de exercícios ativo-assistidos e passivos pode contribuir para a melhora de pacientes nos diversos tipos de enfermidades. Um dos equipamentos que pode ser utilizado para contribuir com a recuperação destes indivíduos é o cicloergômetro, uma alternativa simples utilizada como forma complementar nos tratamentos médicos e fisioterapêuticos.

Os cicloergômetros são equipamentos muito utilizados por fisioterapeutas para melhorar as condições musculares e circulação sanguínea dos pacientes. Estes também vem sendo utilizados em leitos de UTI – Unidade de Tratamento

Intensivo para diminuir os efeitos prejudiciais do imobilismo para a musculatura dos pacientes, sendo considerado como uma ferramenta segura e viável para ser utilizada em pacientes críticos, melhorando a capacidade funcional e a força dos usuários (GRIFFITHS, 1995; BURTIN *et al.*, 2009)

Os produtos encontrados no mercado, além de possuírem um custo muito elevado, não atendem completamente as necessidades dos pacientes internados, pois geralmente eles são desenvolvidos para casos específicos de pacientes com dificuldades de locomoção. Uma grande necessidade é a capacidade do cicloergômetro se ajustar ou fixar-se ao leito de maneira a garantir os movimentos do usuário.

Diante disso este trabalho tem como objetivo principal propor a concepção de um cicloergômetro para reabilitação de pacientes críticos em leitos hospitalares. Para isso se utiliza de ferramentas do processo de desenvolvimento de produtos, bem como de técnicas e conceitos de *DfErg* – Projeto para a Ergonomia, que permitirão propor uma alternativa viável a essa situação, onde se necessita características específicas.

## FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### Ergonomia

Para desenvolver um produto deve ser considerada a demanda ergonômica de igual forma, pois a atividade principal está relacionada ao atendimento às pessoas com necessidades de auxílio físico. O sistema como um todo só será maximizado se os conceitos ergonômicos forem incorporados nas análises de desenvolvimento do projeto desde seu início, fato este compartilhado por Moraes (2003), e demonstrado em seu estudo utilizando a interface homem-máquina na área de informática.

Existem várias definições de ergonomia, porém todas as definições encontradas abordam a existência de uma interação do homem-máquina, também homem-trabalho. Pode-se concluir então a presença de uma relação dentro do sistema homem-ambiente-máquina. (IIDA, 2005). No ano de 1961 foi criada a Associação Internacional de Ergonomia (IEA) na Inglaterra, sendo está

representante de diversas associações de ergonomia pelo mundo. No Brasil a Associação Brasileira de Ergonomia (ABERGO) foi fundada em 1983.

Para *International Ergonomics Association* (IEA), após ampla discussão entre suas associações afiliadas, adotou, em agosto de 2000, uma definição oficial segundo a qual a definição do termo ergonomia, é:

*“Ergonomia (ou Fatores Humanos) é uma disciplina científica relacionada ao entendimento das interações entre os seres humanos e outros elementos ou sistemas, e à aplicação de teorias, princípios, dados e métodos a projetos a fim de otimizar o bem-estar humano e o desempenho global do sistema” (IEA, 2015).*

Durante a 2ª Guerra Mundial estudos na área de ergonomia começaram a serem desenvolvidos. Houve junção de esforços entre as ciências humanas e exatas para a resolução de problemas causados pela operação de equipamentos militares complexos, assim o interesse para o estudo sobre a área de ergonomia obteve um crescimento, sobretudo em alguns países da Europa e Estados Unidos (DUL E WEERDMEESTER, 2004).

De acordo com Abrahão *et al.* (2009) o termo ergonomia é derivado das palavras gregas *ergon* (trabalho) e *nomos* (regras), as pessoas que trabalham nesta área são chamadas de ergonomistas, tendo como um dos objetivos a realização de avaliações de postos de trabalho, tarefas, produtos, ambientes e sistemas em geral a fim torná-los compatíveis as limitações das pessoas. A *IEA* (2015) destaca ainda que existem algumas especializações dentro da ergonomia, a saber:

- Ergonomia física: preocupada com os aspectos físicos da relação homem-sistema, incluindo anatomia, antropometria, fisiologia, biomecânica, posturas funcionais, manipulação de materiais, movimentos repetitivos, doenças profissionais, postos de trabalho, segurança e saúde musculoesquelética;
- Ergonomia cognitiva: preocupada com os processos mentais, tais como: a percepção, a memória, o raciocínio;
- Ergonomia organizacional: preocupada com a otimização dos sistemas sócio tecnológicos, incluindo suas estruturas organizacionais, de políticas e de processos.

Conforme Vidal e Seti (2001), a área de Ergonomia é eficaz para tratar problemas como:

- Adversidades nas tarefas realizadas pelo colaborador;
- Custo com afastamentos ligados a doenças de trabalho;
- Aumento de lesões em alguns postos de trabalho;
- Problemas com a produtividade nos processos de trabalho;
- Aumento de absenteísmo em determinada função;
- Aumento de reclamações de clientes referente a defeitos nos produtos.

A ergonomia apresenta como objetivo a adequação de processos e produtos tecnológicos aos limites, à capacidade e aos anseios humanos. Podendo contribuir para solucionar um grande número de problemas sociais, tais como acidentes, sendo estes acidentes analisados geralmente ocorre um relacionamento inadequado entre a tarefa e o operador (ABRAHÃO *et al*, 2009; DUL E WEERDMEESTER, 2004).

### **Processo de desenvolvimento de produto**

O Processo de Desenvolvimento de Produto (PDP) sofreu algumas alterações. A equipe responsável é multifuncional, composta por engenheiros e técnicos de diversas áreas, que permitem potencializar a concepção do projeto, avaliando todos os possíveis aspectos. Conforme Slack, Chambers e Johnston (2009) o objetivo de desenvolver um produto é atender as necessidades e garantir a satisfação dos consumidores, principalmente suas expectativas atuais e futuras. Para ele o foco do projeto está no consumidor, à função do Marketing é de manter suas forças concentradas no mercado, coletando dados de maneira estruturada para que fiquem bem claras quais as necessidades dos clientes, garantindo o sucesso do projeto e do novo produto.

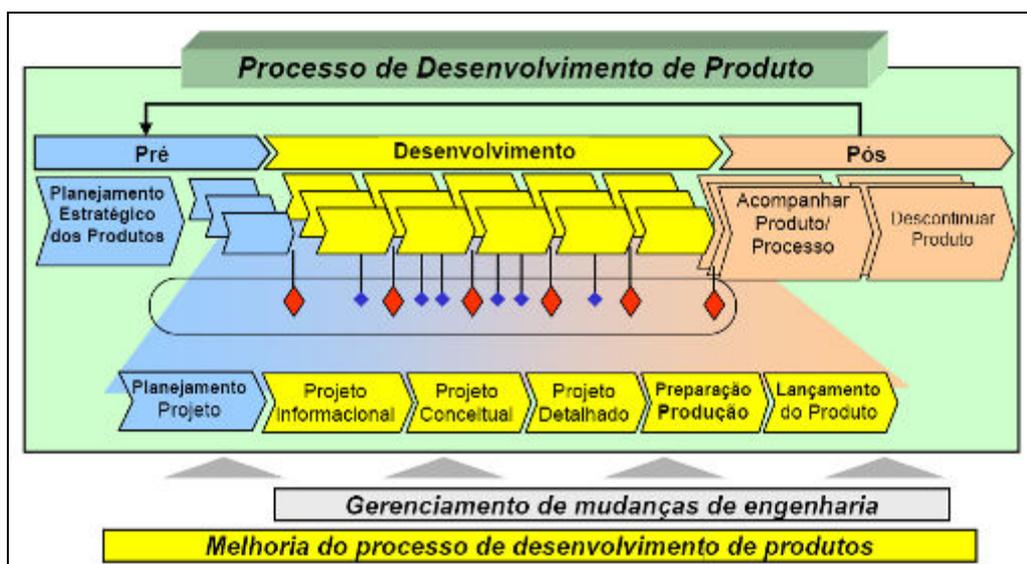
Conforme Rozenfeld *et al.*, (2006) o processo de Desenvolvimento de Produto é um conjunto de atividades por meio das quais se podem chegar às especificações do projeto de um produto ou de seu processo de produção, levando em consideração as necessidades do mercado, restrições tecnológicas e as estratégias competitivas e de produto da empresa. O processo de desenvolvimento de produtos situa-se entre a interface, empresa e consumidores, e também cabe à área de desenvolvimento de produtos a antecipação de soluções atendendo as

necessidades do mercado. As fases iniciais do Processo de Desenvolvimento são onde se concentram as principais decisões e especificações do projeto, nesse momento são determinados materiais e tecnologias a serem utilizados, o processo de fabricação e a forma construtiva.

Segundo Rozenfeld *et al.*, (2006) cerca de 85% do custo do produto final provem de escolhas de alternativas vindas do início do ciclo de desenvolvimento. Em outras palavras, o foco principal a se determinar no projeto se concentra nos materiais utilizados, no processo de fabricação, nas tecnologias e nas soluções construtivas. A Figura 1 ilustra a estrutura do PDP proposto por Rozenfeld *et al.*, (2006), que está dividido em três macrofases de atividades:

- Pré-Desenvolvimento: Onde acontece a concepção do produto, são reunidas as ideias, avaliadas as restrições e realizado o planejamento estratégico do produto e o do projeto;
- Desenvolvimento: Acontece o desenvolvimento do projeto do produto. Inicia-se com a determinação de todas as especificações-metas do produto;
- Pós-Desenvolvimento: São realizados o acompanhamento e o processo de descontinuação do produto no mercado.

**Figura 1.** Visão geral do modelo de referência.



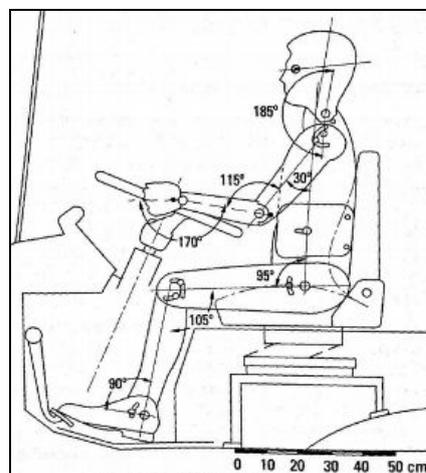
Fonte: Rozenfeld *et al* (2006).

## Projeto Considerando a Ergonomia – DfErg

Projeto considerando a ergonomia é uma metodologia e anteprojeto que é aplicado durante as fases do desenvolvimento de um produto ou processo com o objetivo de maximizar as características ergonômicas do objeto em estudo. Conforme Pahl *et al.*, (2013) a ergonomia parte de características, habilidades e necessidades do indivíduo para cuidar das relações entre o indivíduo e o produto técnico. Com isso pode-se através de uma configuração adequada adaptar o produto ao usuário. Para Pahl *et al.*, (2013) para um projeto considerando a ergonomia é conveniente levar em consideração os seguintes aspectos:

- Aspectos Biomecânicos: A utilização dos produtos requer determinadas posturas e movimentos corporais, que podem ser representados e avaliados com ajuda de gabaritos antropométricos, conforme mostra a Figura 2;
- Aspectos Fisiológicos: Os movimentos requeridos no manuseio e utilização de produtos condicionam a um trabalho muscular estático e dinâmico, que exige do sistema cardiovascular um abastecimento sanguíneo adequado. É necessário fazer distinção entre carregamento, solicitação e fadiga. O carregamento designa influencias que atuam externamente conduzindo o indivíduo a uma solicitação que dependendo da intensidade e duração pode gerar fadiga;
- Aspectos psicológicos: Soluções do projeto devem poupar o pensamento durante a sua manipulação o mantendo disponível para o verdadeiro trabalho.

**Figura 2.** Aspectos biomecânicos – postura e gabarito antropométrico.



Fonte: Pahl *et al* (2013).

A identificação dos requisitos ergonômicos pode ser realizada pela abordagem direcionada ao objeto, quando o produto técnico é considerado definido, ou pela abordagem direcionada a ação quando ainda nenhum objeto pode ser definido (PAHL *et al*, 2013). Na consideração direcionada ao objeto recomenda-se utilizar uma lista de busca de objetos com auxílio de uma lista de verificação conforme Tabela 1.

**Tabela 1.** Diretrizes com características para identificação de requisitos ergonômicos.

<b>Características</b>	<b>Exemplos</b>
Função	Distribuição da função, tipo de função, atividade;
Princípio de funcionamento	Tipo e magnitude do efeito físico ou químico;
Configuração	Espécie: Tipos de elemento, tipo de acionamento; Forma: Forma global e elementos de forma apropriados; Posição: Disposição, organização e direção de funcionamento Escala: Dimensões excursão máxima, superfície de contato; Número: Quantidade, distribuição;
Energia	Força de acionamento, percurso de acionamento, resistência, amortecimento, pressão, temperatura, umidade;
Material	Cores e superfícies, características de contato;
Sinal	Identificação, rotulagem, simbologia;
Segurança	Eliminar perigos, evitar movimentos perigosos, medidas de segurança.

**Fonte:** Autores (2019)

## Cicloergômetro

O Cicloergômetro é um equipamento médico utilizado para o tratamento de pacientes com dificuldades de locomoção nos membros inferiores e/ou superiores, devido a lesões medulares, AVC, Parkinson, esclerose múltipla ou demais doenças degenerativas (ver Figura 3). De acordo com Cajumoro (2015), devido ao seu baixo custo, tamanho portátil pode trazer diversos benefícios tanto para membros inferiores (pernas) quanto para superiores (braços).

**Figura 3.** Cicloergômetro.

Fonte: Cajumoro (2018)

Os ergômetros, aparelhos utilizados para simular o esforço físico em consultório, são frequentemente utilizados para pessoas com problemas ortopédicos e neurológicos, incluindo fraqueza muscular e distúrbios da marcha, além disso, estudos têm relatado a utilização do cicloergômetro para tratamento de doenças cardiovasculares (LIZARDO *et al*, 2007). A imobilidade, ou descondicionamento físico e a fraqueza muscular são problemas frequentes sendo associada a pacientes em terapia intensiva, ocorrendo, sobretudo nestes pacientes a redução da força muscular o que aumenta o tempo de desmame, internação, o risco de infecções e consequentemente mortalidade (SILVA *et al*, 2010).

Conforme Pinheiro e Christofolletti (2012), a assistência promovida pelos profissionais da saúde no ambiente hospitalar tem principal objetivo recuperar a condição clínica dos pacientes, a fim de que eles possam retornar à realidade cotidiana, todavia alguns pacientes considerados com prognósticos graves sob alto risco de morte e sem previsão de alta médica, apresentam outra realidade.

## METODOLOGIA

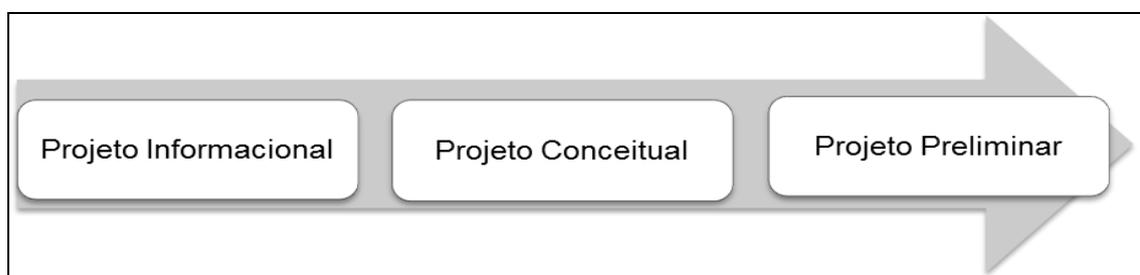
Esta pesquisa tem caráter exploratório, pois visa proporcionar maior familiaridade com o problema. De acordo com Gil (2002) a pesquisa exploratória tem como finalidade tornar o problema mais explícito ou constituir hipóteses. A metodologia que foi aplicada neste trabalho caracteriza-se por meio de pesquisa tecnológica, que busca a geração de produtos. O trabalho foi desenvolvido a partir das necessidades apresentadas pela área da saúde em reabilitar pacientes em estado crítico que necessitam de recuperação assistida. A sequência lógica das atividades será:

- Avaliação do problema;
- Revisão bibliográfica;
- Desenvolvimento do projeto;
- Avaliação dos resultados.

### Método de projeto de produto

Para a realização deste trabalho foi adotado o método apresentado por Rozenfeld *et al* (2006), serão realizadas as duas primeiras fases, o projeto informacional e o conceitual, com suas respectivas ferramentas e o projeto preliminar, conforme Figura 4.

**Figura 4.** Método de desenvolvimento de produto adotado neste trabalho.



**Fonte:** Autores (2019)

No início do projeto informacional foi realizado o planejamento, onde se obteve informações das reais necessidades do produto. Isto foi realizado através de pesquisa de marketing com auxílio de um questionário. A clarificação das necessidades foi realizada com o desdobramento da função qualidade, através da

ferramenta *Quality Function Deployment* (QFD), que direcionou as informações ao foco do problema. A segunda fase do desenvolvimento é o Projeto conceitual onde foi transformada a visão de mercado obtida da fase do projeto informacional em um conceito tecnicamente e mercadologicamente atrativo. Em seguida foi realizado o projeto preliminar onde é apresentado um desenho para a alternativa de projeto, seguido da apresentação de uma lista de materiais preliminares.

## **DESENVOLVIMENTO**

### **Necessidades de terapia – ergometria**

Os pacientes internados em unidade de terapia intensiva (UTI) são expostos com frequência à imobilização prolongada, que pode ser de apenas algumas horas ou até mesmo de alguns dias, isso pode desenvolver sequelas neuromusculares, devido ao estado estacionário que os músculos são expostos. Os danos gerados pelo repouso excessivo vêm sendo questão de preocupação para pacientes hospitalizados, algumas técnicas já são utilizadas para o processo de reabilitação, como a estimulação elétrica neuromuscular e a ergometria. O cicloergômetro é uma bicicleta estacionária, um aparelho com mecanismos internos que pode contribuir para o trabalho exercido pela pessoa que a utiliza, no seu estado ativo ela pode contribuir com o movimento de pacientes sedados preservando a musculatura durante a imobilização prolongada. De acordo com a recuperação do paciente ela pode ser utilizada no modo ativo, que utiliza como força motriz a própria musculatura do usuário. Consequentemente, o cicloergômetro pode ser viável para pacientes sedados, imóveis com doença crítica severa, onde mesmo a amplitude de movimento passivo pode desempenhar um papel importante preservando a estrutura muscular dos pacientes.

Apesar de seus benefícios potenciais, a utilização rigorosa de ergometria como uma alternativa para terapia de reabilitação em pacientes hospitalizados tem sido limitada. Isso se deve primeiramente devido ao custo elevado do equipamento e também a falta de informação sobre seus benefícios. Em visita a hospitais observou-se a necessidade de utilização de um cicloergômetro que se adapte à necessidade dos leitos utilizados no local, o setor de terapia intensiva e semi-intensiva possuem

alguns tipos de leitos diferentes. O desenvolvimento do produto deve levar em consideração esse fator para que o equipamento possa ser aplicável em todos ou na maioria dos leitos.

### Projeto Informacional

Nesta etapa é apresentado um *Benchmark* para o produto proposto, aqui é descrito um comparativo dos produtos similares encontrados no mercado. Aqui são analisados os pontos fortes e fracos dos produtos existentes, essas informações serão levadas em consideração durante a aplicação da matriz QFD. Posteriormente procurou-se levantar as necessidades relacionadas à reabilitação de pacientes através da terapia assistida, por meio de ergometria. Segundo Moutinho (1997), essa pesquisa é de fundamental importância, pois é uma ferramenta que, baseada em um método científico, pode descobrir as preferências e o comportamento do consumidor. Essas informações são necessárias para contribuir para a solução dos problemas de Desenvolvimento de Produto. O processo de pesquisa foi dividido em 4 fases conforme a Tabela 2. O planejamento da pesquisa inicia-se com a definição dos objetivos e termina com a definição da metodologia. A pesquisa foi aplicada aos profissionais da área.

**Tabela 2.** Fases de Pesquisa de Mercado.

Fases	Etapas	Passos
1 Planejamento	Definição dos objetivos	Reunir informações que possam traduzir as necessidades dos clientes
	Estabelecimento das questões	Definições de questões amplas e específicas
	Determinação das fontes de dados	Definir abrangência da pesquisa
	Determinação da metodologia	Tipo de Pesquisa Método de Pesquisa Planejamento de coleta de dados
2 Execução	Redação da Pesquisa	Formulação do instrumento de Pesquisa
	Aplicação	Distribuição do material Coleta de dados
3 Resultados	Tabulação dos dados	Conferência Digitação Apresentação de resultados

**Fonte:** Autores (2019)

É importante ressaltar que as perguntas foram usadas apenas como referência, tendo o entrevistado total liberdade para apresentar seus

questionamentos. A pesquisa ocorreu nos meses iniciais do projeto, foram entrevistadas 10 pessoas sendo terapeutas, técnicos, especialistas e profissionais da área da saúde. Estas informações foram utilizadas como base para a elaboração do QFD, especificamente na matriz Casa da Qualidade. Esses dados entraram como requisitos dos clientes e contribuíram para a hierarquização dos requisitos de projeto. A Matriz Casa da Qualidade (Figura 5) possibilitou transformar as necessidades dos clientes em requisitos de projeto.

A casa da qualidade forneceu informações interessantes, principalmente com relação aos fatores diretamente ligados à qualidade percebida pelo cliente. Através dela podem-se priorizar os requisitos dos clientes. Ela indicou os principais requisitos do produto em relação ao seu projeto, em sequência por ordem de importância.

Figura 5. Casa da Qualidade

		Consumo de energia	Dimensões	Ergonômica	Preço de custo	Rigidez estrutural	Durabilidade	Resistência mecânica	Peso	Aparência	Resistência a corrosão	Nível de ruído	Vida útil	Nº de funções oferecidas	Controles Operacionais	Design	Segurança	Facilidade de uso	Aplicabilidade	Funções antropométricas	Eficiente	Portabilidade			
RC: REQUISITOS DO CONSUMIDOR	Operação	Alta acessibilidade	●	●	●					●	●	●	●					●	●	●	●	●			
		Vários níveis de operação	●	●	●	●				●	●	●	●	●				●	●	●	●	●	●	●	
		Silenciosa	●		●	●	●			●	●		●	●				●	●		●	●	●	●	
		Baixo Consumo de energia	●			●					●			●					●						
		Fácil utilização			●	●		●						●		●									
		Alta durabilidade	●	●	●	●		●	●		●			●		●	●			●					
		Fácil limpeza	●		●	●	●			●	●		●	●	●				●	●		●	●	●	●
		Alta performance	●	●	●	●	●			●	●	●	●	●	●				●	●	●	●	●	●	●
		versidade de ajustes	●		●	●	●	●		●	●		●	●	●	●			●	●		●	●	●	●
	Transporte	Baixo ruído			●	●	●		●	●			●	●	●		●	●			●		●	●	
		Baixo peso	●	●	●	●	●		●	●	●	●	●	●	●		●	●	●	●	●	●	●	●	
		Pequena				●			●					●			●							●	
	Manutenção	Fácil de montar	●	●	●	●	●		●	●	●	●	●	●			●	●	●	●	●	●	●	●	
		Fácil de limpar				●		●					●			●						●			
		Pouca manutenção	●		●	●		●	●		●		●	●		●	●		●		●	●	●	●	
	Segurança	Dúrvavel	●			●			●		●		●				●		●						
		Evite lesões			●	●	●			●			●	●	●			●			●	●	●	●	
	Meio ambiente	Não polui				●								●									●		
		Materias atóxicos			●	●		●	●							●	●	●				●	●	●	
	Aparência	Cor Agradável				●								●				●				●	●	●	
		Forma agradável			●	●							●	●	●			●			●	●	●	●	
	Fabricação	Baixo custo	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
		Fácil fabricação	●		●	●	●	●	●	●	●		●	●	●	●	●	●			●	●	●	●	
		$\Sigma$ (Correlação RC-RP X Qualidade Percentual)	69	76	173	189	86	71	52	91	150	49	77	171	93	71	52	145	147	49	77	83	95		
		Classificação	3%	4%	8%	9%	4%	3%	3%	4%	7%	2%	4%	8%	5%	3%	3%	7%	7%	2%	4%	4%	5%		
			17	14	2	1	10	15	18	9	4	20	12	3	8	15	18	6	5	20	12	11	7		

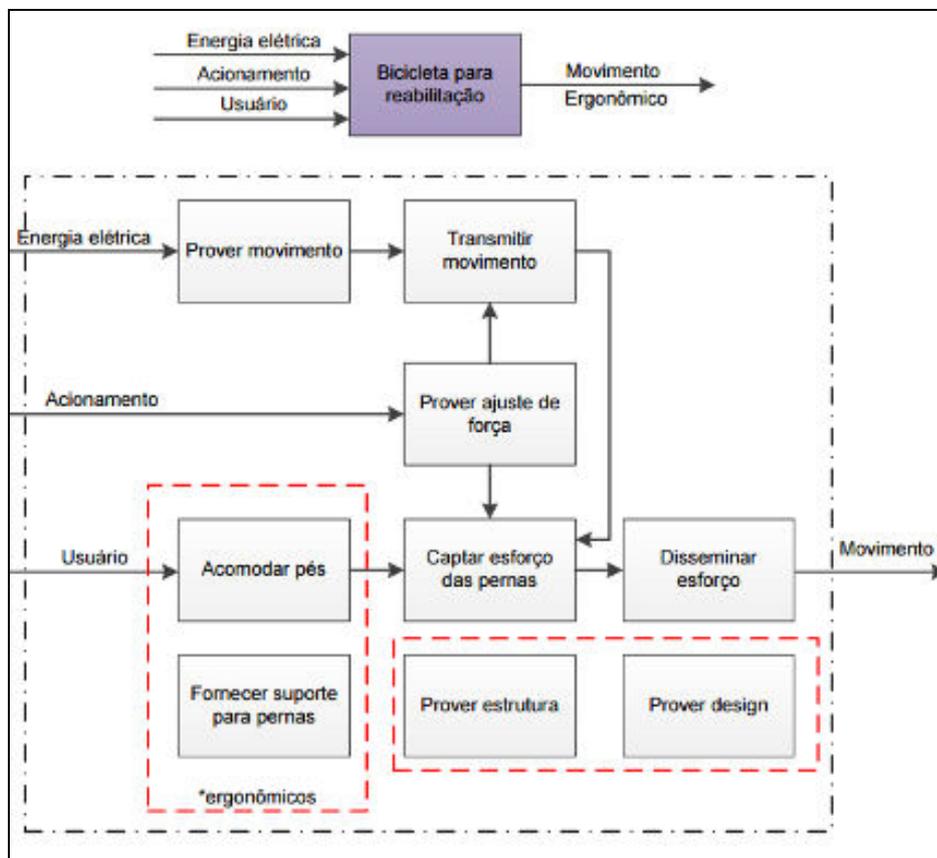
Fonte: Autores (2019)

## Projeto Conceitual

Nesta fase do projeto foi realizada a transformação da visão do mercado obtida na fase do projeto informacional em um conceito tecnologicamente atrativo. Foi desenvolvida a modelagem funcional do produto, conforme mostra a Figura 6, onde se pode observar as entradas e saídas do modelo. Dentre as principais funções para o desenvolvimento do produto pode-se destacar:

- Prover movimento: Necessário devido à possibilidade de utilização sem energia vinda do usuário;
- Acomodar pés: Onde serão aplicados conceitos de ergonomia e antropométricos;
- Fornecer ajustes para pernas: Onde serão aplicados conceitos de ergonomia e antropométricos;
- Prover ajuste de força: Onde existe a interface com o operador. Nesta função será decidido o uso passivo ou ativo para o equipamento.

**Figura 6.** Modelo funcional - Projeto bicicleta para reabilitação.



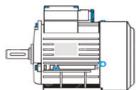
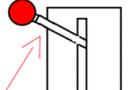
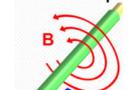
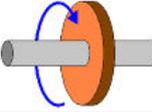
Fonte: Autores (2019)

Com a construção do Modelo Funcional da Figura 6 pode-se levantar os princípios de solução e elaborar as alternativas de projeto. Para tanto, inicialmente foram definidas as entradas e saídas principais do produto, presentes em sua Função Global. Tais entradas e saídas foram base para a definição de fluxos de energia, materiais e sinais dentro do produto, sendo definida sua estrutura funcional composta das funções elementares do cicloergômetro. As funções prover design e prover estrutura também foram contempladas nesta modelagem, devido ao fato de as especificações metas direcionar estas funções.

### Pesquisa por princípios de solução

Nesta etapa foram realizados o levantamento e a geração dos princípios de solução para atender as funções elementares da Modelagem Funcional, a matriz morfológica foi utilizada para auxiliar este procedimento, sua configuração pode ser vista na Figura 7. Para isto foram utilizados catálogos técnicos, patentes, e outras bibliografias da área, considerando as funções elementares e os requisitos do projeto levantados no QFD para contemplar as características necessárias para o produto e gerar os princípios de solução.

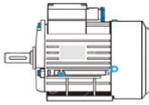
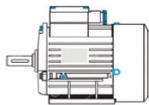
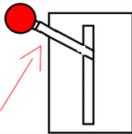
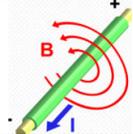
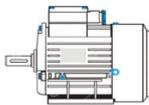
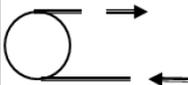
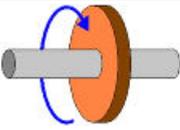
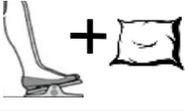
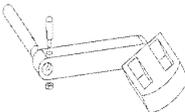
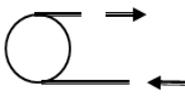
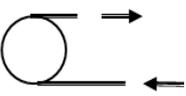
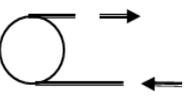
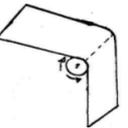
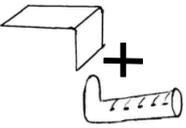
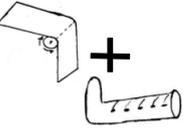
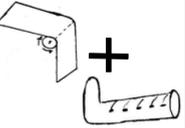
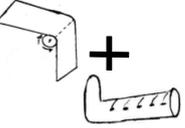
**Figura 7.** Matriz Morfológica (parcial) - Pesquisa por princípios de solução.

Função	Princípio de solução				
	Motor elétrico	Força manual por engrenagens	Força manual por alavancas	Motor magnético	
Prover movimento					
Transmitir movimento	Conjunto de engrenagens	Cabo	Polia e correia	Corrente e catraca	Eixo rígido
					
Prover ajuste de força	Painel eletrônico	Ajuste analógico	Ajuste fixo		
					
Acomodar pés	Encosto fixo	Sapatilha	Colchão de ar		
					

Fonte: Autores (2019)

Com as informações mais relevantes do projeto informacional juntamente com os dados da matriz morfológica surgem às alternativas de solução, que são desenvolvidas a partir da combinação das alternativas de solução da Matriz Morfológica. Assim pode-se obter as alternativas de concepção do projeto, conforme mostra a Figura 8, que são realizadas buscando as melhores alternativas que possam atender as necessidades do projeto.

**Figura 8.** Matriz alternativas de concepção.

Função	Alternativas de concepção				
	1	2	3	4	5
Prover movimento					
Transmitir movimento					
Prover ajuste de força					
Acomodar pés					
Captar esforço das pernas		Restrição de projeto			
Disseminar esforço					
Fornecer suporte p/ pernas					
Prover estrutura	 Metal	 Metal	 Metal	 Metal	 Metal
Prover Design	Definir posteriormente				

Fonte: Autores (2019)

Após definidas as alternativas de concepção, passou-se para a seleção daquela que melhor se atendia as necessidades propostas inicialmente. Para isso foi utilizada a matriz de Pugh (1991) conforme mostra a Figura 9. A análise realizada levou em consideração os requisitos dos clientes.

Após a análise dos resultados da matriz de PUGH foi definido que a alternativa de concepção que melhor atende o projeto é a solução Nº 2, que se mostrou superior as concorrentes. Nos resultados da matriz com relação aos requisitos dos clientes essa alternativa se mostrou mais eficiente no somatório geral, sem considerar o peso de cada item, como no somatório global onde se considera o peso deste item em relação ao projeto.

**Figura 9.** Matriz de PUGH com relação aos requisitos dos clientes.

Requisitos dos clientes		P	Alternativas de solução				
			1	2	3	4	5
Operação	Alta acessibilidade	5	-1	-1	0	-1	-1
	Varios níveis de operação	2	-1	-1	0	-1	-1
	Silenciosa	3	0	0	0	0	0
	Baixo Consumo de energia	2	1	1	0	1	1
	Fácil utilização	3	0	0	0	0	0
	Alta durabilidade	5	1	1	0	0	1
	Fácil limpeza	4	-1	1	0	0	-1
	Alta performance	3	-1	1	0	-1	-1
	Diversidade de ajustes	2	-1	-1	0	0	-1
Baixo ruído	3	1	1	0	1	1	
Transporte	Baixo peso	4	1	0	0	1	0
	Pequena	5	1	0	0	1	1
	Fácil de montar	4	0	0	0	0	0
Manutenção	Fácil de limpar	4	0	0	0	0	0
	Pouca manutenção	4	-1	-1	0	-1	0
	Dúrvavel	3	-1	-1	0	-1	-1
Segurança	Evite lesões	4	1	1	0	-1	-1
Meio ambiente	Não polui	4	1	1	0	-1	-1
	Materias atóxicos	2	-1	1	0	-1	0
Aparência	Cor Agradável	3	-1	1	0	1	1
	Forma agradável	4	-1	1	0	1	0
Fabricação	Baixo custo	5	1	0	0	1	1
	Fácil fabricação	3	-1	0	0	-1	-1
SOMA TOTAL			-3	5	0	-2	-3
PESO GLOBAL			-3	15	0	-4	-7

Fonte: Autores (2019)

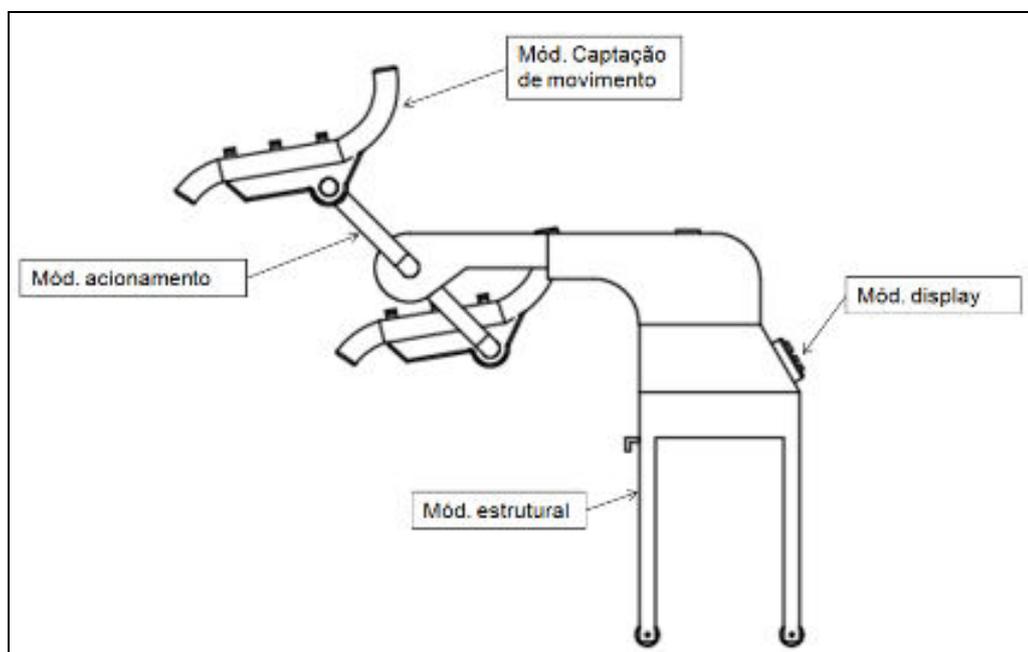
## Projeto preliminar

### Criação do croqui para a alternativa de projeto escolhida

Nesta etapa foi realizado o croqui para a alternativa de projeto. A Figura 10 apresenta uma vista lateral da montagem do conceito onde são identificadas as principais partes do equipamento. Algumas adaptações foram realizadas com o auxílio de técnicos e especialistas envolvidos. A definição do conceito ficou dividida em:

- Módulo estrutural;
- Módulo de acionamento e transmissão;
- Módulo de captação do movimento;
- Módulo display.

**Figura 10.** vista lateral da montagem do conceito onde são identificadas as principais partes do equipamento.

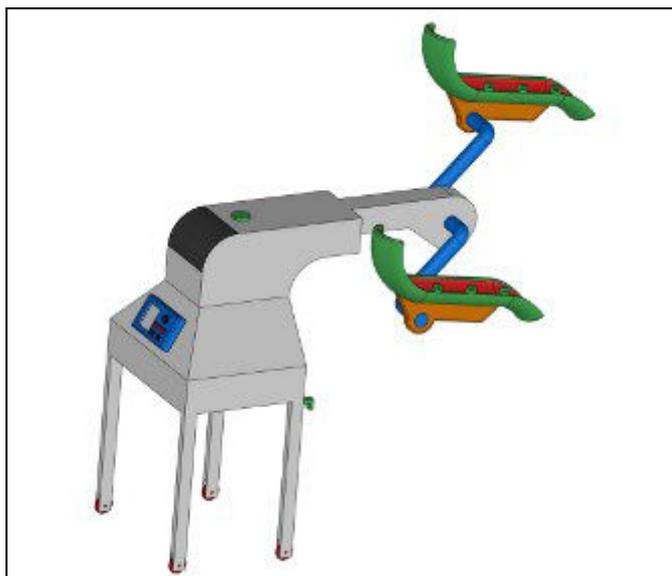


Fonte: Autores (2019)

O módulo estrutural do conceito do equipamento foi proposto em material metálico revestido por pintura epóxi, sendo que a carenagem de cobertura da parte móvel é produzida com material polimérico. O módulo de acionamento e transmissão pode ser visto na Figura 9, ele é composto de um sistema para acomodar os pés e

parte das pernas do usuário. Neste módulo foi aplicado de conceitos de *DfErg*, como aspectos biomecânicos e fisiológicos para contribuir com o conforto do usuário, detalhes deste conjunto podem ser vistos na Figura 11, onde é apresentada o conceito final desenvolvido em CAD. Através deste sistema o movimento do corpo é transmitido para o equipamento, quando no modo passivo, ou o equipamento transmite o movimento para o usuário no modo ativo.

**Figura 11.** Projeto do produto em CAD



**Fonte:** Autores (2019)

De acordo com o exposto, o projeto apresentado se mostrou viável para um posterior projeto detalhado. A Tabela 3 apresenta uma lista preliminar de materiais (BOM - inicial), onde se pode observar quais são os principais materiais que serão utilizados para analisar a real viabilidade do conceito proposto. O sistema de motorização que será necessário para este equipamento pode ser adquirido por empresas terceiras e deverá possuir aproximadamente 1,5 HP para poder ser utilizado no modo ativo.

**Tabela 3.** Fases de Pesquisa de Mercado.

Nº	Componentes (descrição)	Qtde.	Material	Processo de Fabricação
1	Módulo estrutural			Montagem
1.1	Carenagem	2	M <sup>2</sup>	Injeção
1.2	Cantoneira	2	Aço	Usinagem/Soldagem
2	Módulo Display			Montagem
2.1	Carcaça	1	Polímero	Injeção
2.2	Tela	1	Vidro	Montado
2.3	Botões	5	Polímero	Montado
2.4	Sistema elétrico	1	-	Montado
3	Módulo captação do movimento	1		Montagem
3.1	Estrutura	2	Alumínio	Usinagem
3.2	Base	2	Polímero	Injeção
3.3	Enchimento	2	Espuma	Injeção
3.4	Revestimento	2	Polímero	Montagem
4	Sistema de transmissão	1		Montagem
4.1	Engrenagens	4	Aço	Montagem
4.2	Polias	2	Aço	Montagem
4.3	Correias	2	Borracha	Montagem
4.4	Eixos	3	Aço	Usinagem/montagem
5	Diversos			Montagem
5.1	Rodas	4	Silicone	Montagem
5.2	Travas	4	Metal	Montagem
5.3	Software	1	--	Instalação

Fonte: Autores (2019)

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho utilizou a metodologia de Desenvolvimento de produto para buscar um conceito de equipamento adequado às necessidades de pacientes internados em leitos hospitalares, diante do objetivo proposto e dos resultados obtidos no presente trabalho, conclui-se que o equipamento desenvolvido pode atender os usuários e ser capaz de realizar movimentos ativos e passivos, sob condições de carga mecânica determinadas, permitindo potencializar e ampliar o leque de benefícios gerados pelo tratamento.

O levantamento das necessidades foi realizado junto a terapeutas, técnicos, especialistas e profissionais da área da saúde, de onde foram retiradas todas as informações necessárias para o andamento e conclusão do projeto. Com o estudo deste processo ficou definido que as principais funções do cicloergômetro são o exercício ativo-assistido e o passivo, estes que contribuem para a reabilitação de pacientes internados.

Considerando ser de baixo custo e de tecnologia nacional, o desenvolvimento do cicloergômetro para membros inferiores se torna viável comercialmente, os

conceitos antropométricos de *DfErg* foram aplicados sendo adaptável ao tamanho dos membros do paciente e promovendo o seu bem-estar sem comprometer os benefícios do tratamento.

No estudo foram trabalhados os objetivos específicos utilizados como base para a pesquisa. A coleta de dados da situação atual dos processos utilizados para tratamento de paciente acamados foi imprescindível para a conclusão deste trabalho. Através da aplicação das ferramentas apresentadas o objetivo geral deste trabalho foi alcançado, sendo que a proposta do conceito do equipamento foi desenvolvida e se mostrou viável para um posterior projeto detalhado.

## REFERÊNCIAS

- ABRAHÃO, J. et al. **Introdução à Ergonomia da prática à teoria**. São Paulo: Blucher, 2009.
- BURTIN, C; CLERCKX, B; ROBBEETS, C; FERDINANDE, P; LANGER, D; TROOSTERS, T; HERMANS, G; DECRAMER, M; GOSSELINK, R. Early Exercise in Critically Ill Patients Enhances Short-Term Functional Recovery. **Crit Care Med**, v. 37, n. 9, P. 2499-2505, 2009.
- CAJUMORO. **Cicloergômetro**. Disponível em: <<http://www.cajumoro.com.br/cicloergometro-fisioterapia#group1-1>>. Acesso em: 14 de set. 2018.
- DUL, Jan; WEERDMEESTER, Bernard. **Ergonomia prática**. 2.ed. rev. e ampl. São Paulo: Edgard Blücher, 2004.
- GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4ª Ed. São Paulo: Atlas, 2002.
- GRIFFITHS, R.D. et al. Effect of passive stretching on the wating of muscle in the critically ill. **Nutrition**, v.11, n.5, p. 428-32, 1995.
- IEA. **Apresenta informações sobre ergonomia**. Disponível em: <<http://www.iea.cc/whats/index.html>> Acesso em 05 set. 2019.
- IIDA, I. **Ergonomia: projeto e produção**. 2. ed. São Paulo: Blucher, 2005.
- LIZARDO, J. H. F. et al. **Hipotensão pós-exercício: comparação entre diferentes intensidades de exercício em esteira ergométrica e cicloergômetro**. **Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano**.

Disponível em: < <http://twingo.ucb.br/jspui/handle/123456789/174>>. Acesso em: 02 set. 2018.

- MORAES, A. **Ergonomia e projeto de produtos, informações, interfaces da interação homem-computador e espaços arquiteturais**: ensino e pesquisa. XXIII Enegep - Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Ouro Preto, 2003. Disponível em: <[http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGETP2003\\_TR0402\\_0592.pdf](http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGETP2003_TR0402_0592.pdf)> Acesso em: 18 set. 201.
- MOUTINHO, D. A. **Manual de Pesquisa de Mercado**. Rio de Janeiro: CNI-SESI/DN, 1997.
- PAHL, G. et al. **Projeto na engenharia: Fundamentos do desenvolvimento eficaz de produtos, métodos e aplicações**. 6. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 2013.
- PEREIRA RMC, MONTEIRO I. Reabilitação profissional e retorno ao trabalho: uma revisão integrativa. **Rev Bras Med Trab**. V. 17, n. 3, P. 441-455, 2019. doi: <<https://doi.org/10.5327/Z1679443520190350>>
- PINHEIRO, A.R. e CHRISTOFOLETTI G. **Fisioterapia motora em pacientes internados na unidade de terapia intensiva: uma revisão sistemática**. Rev Bras Ter Intensiva, Maracaju, 24(2): 188-196, 2012. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbti/v24n2/16.pdf>> Acesso em: 13 set. 2019.
- PUGH, S. **Total Design Integrated Methods For Successful Product Engineering**. Adison Wesley Publishing Company, 1991.
- ROZENFELD, Henrique et al. **Gestão de desenvolvimento de produtos: uma referência para a melhoria do processo**. São Paulo: Saraiva, 2006.
- SLACK, N; CHAMBERS, S; JOHNSTON, R. **Administração da Produção**. Traduzido por Maria Teresa Corrêa de Oliveira. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2009.
- VIDAL, M.C.R & SETTI, M.E.C. Ergonomia e segurança do trabalho. Uma radiografia da pesquisa no brasil. **Ação Ergonômica**. Vol.1, nº 2. 2001. Disponível em: <<http://www.abergo.org.br/revista/index.php/ae/article/view/7/5>> Acesso em: 08 dez. 2019.

# Lei do resfriamento de Newton: experimento com Arduino em aula remota

doi.org/10.35819/scientiatec.v9i1.5187

**Tiago Admiral**

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense (IFF)  
(tdesteffani@gmail.com)

**Resumo:** Os desafios das atividades remotas, em tempos de pandemia, atingem todas as áreas de conhecimento, mas em especial, as atividades experimentais da física. A manipulação de equipamentos e a observação dos fenômenos sempre foram características motivadoras para aos alunos, porém diante da realidade de atividades por videoconferência essas características da experimentação podem ficar prejudicadas. Este artigo traz um relato de experiência de uma aula experimental sobre a lei do resfriamento de Newton, realizada de forma remota, com uma turma de doze licenciandos em física. A coleta de dados foi realizada eletronicamente pela plataforma de desenvolvimento de projetos eletrônicos Arduino, e os dados foram compartilhados em tempo real com os alunos. Esses puderam observar o fenômeno do resfriamento, bem como os dados de temperatura, em tempo real, e a análise dos dados foi feita pelos próprios alunos usando papel monolog, disponibilizado em meio digital pelo professor. Os dados coletados mostraram que os alunos tiveram, além de boa aceitação à prática, excelentes resultados de aprendizado.

**Palavras Chave:** Ensino de física; Ensino remoto; Arduino.

## Newton's law of cooling: an Arduino-based experiment in an online classroom

**Abstract:** The challenges of online classes, in times of pandemic, affect all areas of knowledge but, in particular, the experimental activities of physics. The manipulation of equipment and observation of the phenomena have always been motivating characteristics for students. However, given the reality of activities by videoconference, these characteristics of experimentation may be affected. This article presents a report of an experimental class on Newton's Law of Cooling, carried out remotely, with a class of twelve undergraduate physics students. Data collection was performed electronically by the programmable circuit board Arduino, and the data were shared in real time with the students. The latter could observe the cooling phenomenon, as well as the temperature data, in real time. The data analysis was performed by the students using mono-log paper, made available digitally by the teacher. The data collected showed that the students had, in addition to good acceptance of the practice, excellent learning results.

**Key words:** Physics teaching; remote teaching; Arduino.

## INTRODUÇÃO

A necessidade de aprimorar as estratégias de ensino, adaptando-as ao uso de novas tecnologias (MONTEIRO, 2016; LARA, 2013), tem sido um assunto recorrente no Ensino de Ciências, em especial no Ensino de Física. Situações atípicas, como o enfrentamento da pandemia pelo novo SARS COVID-19, têm levantado debates sobre estratégias de ensino remoto, suas possibilidades e limitações.

As atividades experimentais, característica fundamental no Ensino de Física, também precisam acompanhar essa adaptação sem, no entanto, perder sua essência. Entre os tipos de atividade experimental podemos destacar as atividades demonstrativas, que são aquelas que não requerem necessariamente a interação direta do aluno com o experimento, e também as atividades experimentais quantitativas, que requerem coleta de dados e, em geral, precisam da interação do aluno com o experimento (ARAÚJO e ABIB, 2003). O segundo tipo de atividade apresenta um desafio, em particular, para a realidade do ensino à distância, que é a limitação óbvia da impossibilidade da presença do aluno para realizar a coleta de dados.

Para contornar essa situação, a abordagem de nosso trabalho foi utilizar uma coleta de dados automatizada, de forma que os dados do experimento ficassem registrados em mídia digital. Mais especificamente, utilizamos uma placa Arduino UNO, com um sensor de temperatura tipo sonda DS18B20, para obter, em intervalos regulares, os valores da temperatura de um corpo em resfriamento. A informação visual dos dados, dessa forma, pôde ser compartilhada com os alunos durante a video-chamada, juntamente com o vídeo disponível na câmera do professor mostrando o sistema em tempo real.

Essa opção se mostrou válida pois não apenas tornou possível o compartilhamento dos dados com os alunos, mas ofereceu também a possibilidade de orientá-los no tratamento desses dados, exatamente como seria feito numa sala de aula presencial. Com um enfoque na característica da modelagem (HEIDEMANN, 2016), os alunos puderam traçar a curva característica do experimento sem sair de casa, com um papel mono-log disponibilizado pelo professor, em arquivo digital.

A estratégia de ensino utilizada se baseou também na aprendizagem significativa de Ausubel (1980), que afirma ser extremamente importante levar em consideração o conhecimento que o aluno já tem, o que ele chama de conhecimento *subsunçor*.

Uma busca na literatura mostrou que o tema, “lei do resfriamento de Newton”, já foi abordado em alguns trabalhos (SARTORELLI, 1999; HEIDEMANN, 2013;

DIEFENTHÄLER, 2016 e PEREIRA, 2018), cada um com uma abordagem um pouco diferente. Outros dois trabalhos encontrados (CORRALLO, 2015; FILHO, J. A, 2020) usam também o Arduino, de maneira semelhante a este artigo.

Entretanto, um dos trabalhos (CORRALLO, 2015) realizou apenas medições de temperatura em frascos de cores distintas para averiguar a influência da cor do corpo no resfriamento. No trabalho também foi mostrado o gráfico linearizado do resfriamento de cada objeto estudado.

Já o segundo trabalho (FILHO, J. A, 2020), embora tenha realizado o experimento em sala de aula, não utilizou os dados de forma remota para realizar uma modelagem da curva de resfriamento com os alunos.

Os demais trabalhos que mencionam a lei de resfriamento de Newton, que encontramos na revisão de literatura, fazem uso do conceito para aplicação em outras áreas, como engenharia, e não são aplicados diretamente em sala de aula.

## REFERENCIAL TEÓRICO

### A lei de Resfriamento de Newton

A lei de resfriamento, publicada em 1701 no artigo intitulado “*Scala Graduum Caloris*”, estabelece uma relação entre a temperatura instantânea de um objeto, sua temperatura inicial e o tempo. Inicialmente a lei do resfriamento não foi formulada como a conhecemos hoje, na ocasião o artigo descrevia um método para medir temperatura de até 100°C, o que não era possível com os termômetros disponíveis na época (SOUZA, 2017).

Pouco tempo depois o próprio Newton concluiu que a taxa com a qual um corpo perde calor é diretamente proporcional à diferença de temperatura entre o corpo e o ambiente. Essa nova formulação, como conhecemos hoje, pode ser expressa pela equação a seguir (HALLIDAY, 2016):

$$\frac{dT(t)}{dt} = -k(T - T_a) \quad (1)$$

Na fórmula,  $T(t)$  é a função que descreve a variação da temperatura com o tempo,  $k$  é uma constante de proporcionalidade, que depende de fatores como cor e forma do corpo, e  $T_a$  é a temperatura do ambiente, e  $T$  é a temperatura inicial do corpo. A equação (1) é uma EDO (Equação Diferencial Ordinária) separável, e pode ser escrita da seguinte maneira:

$$\frac{1}{(T-T_a)} dT(t) = -kdt \quad (2)$$

Integrando os dois membros da equação (2), temos:

$$\ln(T - T_a) = -kt + C \quad (3)$$

Aplicando a função exponencial aos dois membros da equação (3), teremos:

$$T - T_a = e^{-kt+C} \quad (4)$$

Supondo que  $T_o$  seja temperatura inicial do corpo, para  $t = 0$ , pode-se reescrever a igualdade anterior na forma:

$$T(t) = T_a + (T_o - T_a)e^{-kt} \quad (5)$$

A equação (5) é utilizada para modelar o resfriamento de um corpo. Vale ressaltar que essa relação é adequada para a modelagem de resfriamento considerando prioritariamente a perda de calor por convecção e condução direta. Para os casos em que parte significativa do calor é transferido por radiação térmica essa relação não é válida; o mesmo vale para sistemas de resfriamento que sofrem mudanças de fase, como evaporação, por exemplo.

## A aprendizagem de acordo com Ausubel

As teorias da aprendizagem explicam a forma pela qual nós aprendemos novos conhecimentos e os relacionamos com conhecimentos já existentes (MOREIRA, 2001). Entre as teorias cognitivistas destacamos a teoria da aprendizagem significativa de Ausubel. Para ele, o fator isolado mais importante para que um novo conhecimento seja integrado à estrutura cognitiva do indivíduo, é o que o indivíduo já sabe.

De acordo com Ausubel et al. (1980) nós aprendemos a partir do que já sabemos, de forma que incorporamos o novo conhecimento ao pré-existente, de forma mais elaborada e reorganizada. Por essa razão Ausubel acredita que durante o processo de aprendizagem a estrutura cognitiva sofre uma constante reestruturação.

Moreira (2017) explica que o conhecimento novo interage com uma estrutura específica da estrutura cognitiva do indivíduo, seu conhecimento prévio, chamado por Ausubel de *subsunçor*. Ainda de acordo com Moreira (2017), essa interação não

é arbitrária, mas ocorre em duas etapas distintas, a *diferenciação progressiva* e a *reconciliação integradora*.

A diferenciação progressiva ocorre quando um novo conhecimento, ou conceito, é comparado à um conhecimento pré-existente (subsunçor) e o indivíduo consegue realizar a diferenciação entre esse conceito novo e o pré-existente, classificando esses conhecimentos (ou conceitos) em sua estrutura cognitiva de forma a reconhecer suas similaridades e diferenças (MOREIRA, 2017). Podemos entender a diferenciação progressiva como:

"o processo de atribuição de novos significados a um dado subsunçor (um conceito ou uma proposição, por exemplo) resultante da sucessiva utilização desse subsunçor para dar significado a novos conhecimentos. Lembremos que a aprendizagem significativa decorre da interação não-arbitrária e não-literal de novos conhecimentos com conhecimentos prévios (subsunçores) especificamente relevantes. Através de sucessivas interações um dado subsunçor vai, progressivamente, adquirindo novos significados, vai ficando mais rico, mais refinado, mais diferenciado, e mais capaz de servir de ancoradouro para novas aprendizagens significativas" (MOREIRA, 2010, p.5).

A reconciliação integradora por sua vez ocorre de forma simultânea à diferenciação progressiva de forma a completar o processo de ressignificação do novo conhecimento, que se relaciona com o subsunçor de maneira não arbitrária e não literal. Isso significa que a relação do subsunçor com o novo conhecimento deve possuir uma relação lógica, de diferenciação ou generalização. Podemos definir a reconciliação integradora como: "um processo da dinâmica da estrutura cognitiva, simultâneo ao da diferenciação progressiva, que consiste em eliminar diferenças aparentes, resolver inconsistências, integrar significados, fazer superordenações" (MOREIRA, 2010, p.6).

A combinação desses mecanismos, apoiada no conhecimento subsunçor, é para Ausubel a chave para a construção do conhecimento significativo. Significativo, pois esse conhecimento estabelece uma clara relação entre os demais conhecimentos existentes na estrutura cognitiva do indivíduo, não se tratando apenas de uma informação isolada.

É importante ressaltar, entretanto, que o conhecimento prévio, embora seja considerado a variável isolada mais importante para o aprendizado, não deve ser confundida com uma garantia de facilitação da aprendizagem (BRASIL, 2018). Isso porque a forma como ocorrem os processos de diferenciação progressiva e

reconciliação integradora afetam a forma como vamos integrar o novo conhecimento à nossa estrutura cognitiva, e também como vamos relacioná-lo com o subsunçor.

Portanto é fundamental que o professor exerça o papel de mediador do processo de aprendizagem para garantir que esse processo caminhe de acordo com o desejado. Ou seja, que o novo conhecimento seja compreendido de forma significativa pelo aluno. Uma maneira de ajudar o professor nessa postura é utilizar-se de metodologias de ensino investigativas, que ajudem a proporcionar autonomia do aluno.

## **METODOLOGIA**

A aula prática foi aplicada a alunos do curso de física do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense, em Abril de 2021, em uma turma com doze alunos, aqui identificados em ordem alfabética de chamada, de A1 até A12. O número reduzido de alunos facilita bastante a aplicação, visto que é possível dedicar mais tempo às dúvidas individuais. A metodologia está subdividida em duas partes: a parte experimental em si e a descrição das atividades realizadas com os alunos.

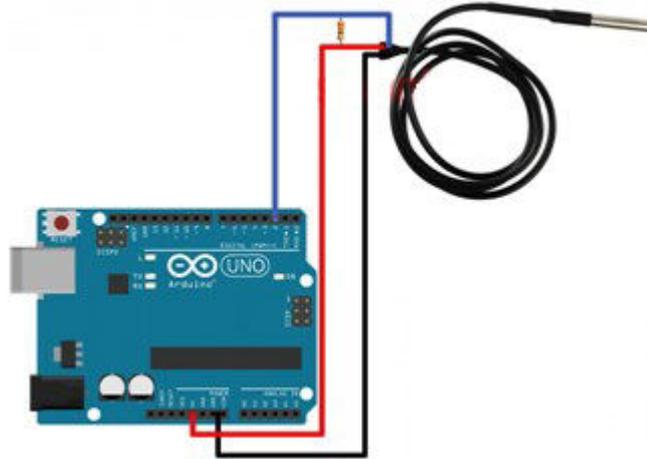
### **Procedimento experimental**

Para realizar o experimento nos utilizamos dos seguintes materiais:

- 01 Arduino UNO (ou outra versão qualquer);
- 01 resistor de 4,7k $\Omega$ ;
- 01 sensor de temperatura (DS18B20).

Os alunos que participaram do experimento utilizaram: papel mono-log, régua, lápis e calculadora.

O sensor DS18B20 apresenta três fios; o vermelho, positivo de alimentação, deve ser ligado no pino 5,0V do Arduino, o fio preto é o negativo e deve ser ligado ao pino Gnd do Arduino, por fim o fio que sobrar (geralmente na cor amarela) deve ser ligado ao pino digital 7 do Arduino. O esquema de ligação simplificado está exemplificado na Figura 1:

**Figura 1.** Esquema de ligação do sensor DS18B20

**Fonte:** [https://www.usinainfo.com.br/1009999-thickbox\\_default/sensor-de-temperatura-ds18b20-a-prova-d-agua.jpg](https://www.usinainfo.com.br/1009999-thickbox_default/sensor-de-temperatura-ds18b20-a-prova-d-agua.jpg)

Na Figura 1 é possível ver também que o resistor de  $4,7k\Omega$  deve ser conectado em paralelo, com o fio vermelho (5v) e o amarelo (Sinal), de forma a reduzir a voltagem de saída do sensor, para certas faixas de temperatura.

Feitas as conexões com o Arduino, a configuração do *hardware* estará completa; para finalizar a parte do *software*, devemos abrir o ambiente de programação do Arduino (IDE). O ambiente de programação é o *software*, gratuito, no qual os comandos devem ser inseridos para que o Arduino funcione conforme comandos específicos. Em nosso caso basta abrir esse *software* e copiar o código mostrado na Figura 2:

**Figura 2.** Programação do sensor DS18B20.

### Lei do resfriamento de Newton: experimento com Arduino em aula remota

```
#include <OneWire.h> //Inclui biblioteca de leitura
#include <DallasTemperature.h> //Biblioteca do sensor

#define DS18B20 7 //Definição do pino do sensor

OneWire ourWire(DS18B20); //Configura instância de comunicação
DallasTemperature sensors(&ourWire); //Interliga as bibliotecas

void setup() { //Comandos só ocorrem uma vez ao ligar o sistema
  Serial.begin(9600); //Taxa de informação, início da serial
  sensors.begin(); //Inicialização do sensor
  delay(1000); //Aguarda 1 segundo para inicializações
}

void loop() {
  sensors.requestTemperatures(); //Pede a temperatura
  Serial.print(sensors.getTempCByIndex(0)); //Imprime valor na serial
  delay(500); //Aguarda 500 milisegundos
}
```

Fonte: O autor

Após copiar o código, mostrado na Figura 2, no software, devemos enviar o código para o Arduino (clicando no botão “carregar”) e o sistema passará a exibir os valores de temperatura medidos pelo sensor, com precisão de décimos de graus, em intervalos de 0,5s. Esses valores serão exibidos no monitor serial em tempo real e utilizados para a modelagem da Lei do resfriamento.

### Atividades realizadas

A estratégia adotada na aula foi utilizar a *webcam* para apresentar aos alunos o aparato de coleta de dados; posteriormente foi realizado um levantamento das ideias prévias dos alunos sobre o que esperavam da curva de resfriamento. A seguir foi apresentada a base teórica da Lei do resfriamento, demonstrando a equação (5) a partir da equação (1). Isso foi feito de forma expositiva, enquanto o sensor já media a temperatura do resfriamento do corpo.

Para o tratamento dos dados, os alunos tinham recebido previamente um arquivo de imagem que deveriam imprimir para a aula, a saber uma folha A4 na escala mono-log. O papel mono-log consiste em um sistema de eixos perpendiculares, dos quais aquele horizontal é dividido de maneira uniforme, conforme o habitual modo linear, enquanto o eixo vertical apresenta uma escala logarítmica. Dessa forma, ao traçar o gráfico de uma função similar à (5), obtemos uma reta, cujo coeficiente linear é dado por  $-k$ .

Assim, utilizando pares ordenados  $(t, T)$  obtidos graças ao Arduino, o aluno deveria conseguir traçar o gráfico de uma reta no papel mono-log e calcular seu coeficiente angular, para determinação de  $k$ . Os outros parâmetros,  $T_o$  e  $T_a$ , foram fornecidos pelo Arduino e pelo termômetro na sala, respectivamente. Após a conclusão do gráfico os alunos deveriam enviar digitalizações dos diagramas que construíram.

Essa metodologia permitiu que o aluno visualizasse os dados do experimento, e os analisasse em casa, sem a necessidade do contato presencial com o experimento, trabalhando apenas com os valores obtidos de forma remota.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

### Resultados experimentais

Antes de começar a atividade propriamente dita, foi necessário realizar medidas para obter os parâmetros da equação (5), de modo a compará-los com os resultados dos alunos. O teste foi realizado com o mesmo recipiente utilizado na aula prática, a saber, uma caneca na cor preta (visível na Figura 3). A sala foi mantida na mesma temperatura, com o auxílio de um equipamento de ar condicionado, aproximadamente  $25^{\circ}\text{C}$ , e foi utilizada a mesma quantidade de água,  $(250 \pm 1)\text{ml}$ . a Figura 3 a seguir mostra o ambiente de testes.

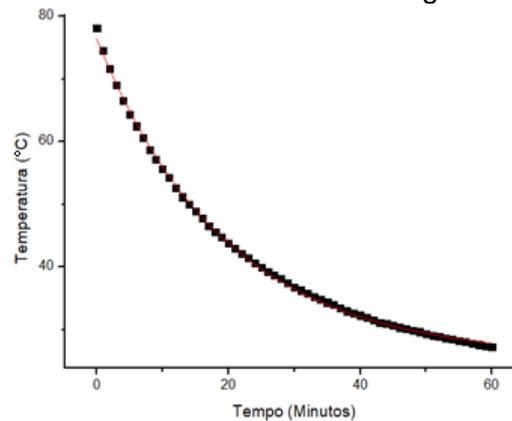
**Figura 3.** À esquerda o Arduino Uno ligado ao sensor DS18B20, ao lado a caneca com água aquecida e o a ponta do sensor mergulhada no líquido.



**Fonte:** O autor

Foi realizada a coleta de dados do resfriamento do sistema, em um intervalo total de uma hora, com aquisição de dados a cada 500ms. Os dados do monitor serial deram origem ao gráfico mostrado na Figura 4:

**Figura 4.** Gráfico do resfriamento da água na caneca.



**Fonte:** O autor

No teste, a temperatura inicial da água na caneca resultou ser 77,12°C, e a temperatura do ambiente, medida com um termômetro colocado sobre a mesa relativamente próximo à caneca, 25,2°C.

Para a obtenção dos parâmetros da equação (5), utilizou-se um *software* (*Origin 8.5*) para modelar a curva do gráfico mostrado na Figura 4 por meio de uma função matemática. A função sugerida pelo *software* é representada pela equação 6:

$$y = y_0 + A_1 e^{-x/t_1} \quad (6)$$

Para esse modelo de função o *software* ajustou os parâmetros retornando os valores  $y_0 = (25,50 \pm 0,18)$ ,  $A_1 = (50,93 \pm 0,20)$  e  $t_1 = (19,55 \pm 0,22)$ . Comparando as equações (5) e (6), temos então que, para nosso sistema de resfriamento, a equação modelada é da forma:

$$T(t) = 25,5 + 50,93e^{-0,051t} \quad (7)$$

Como se vê  $y_0$  corresponde à temperatura ambiente e o parâmetro  $A_1$  à diferença entre a temperatura inicial do sistema e a temperatura ambiente; no teste tivemos  $(77,12 - 25,2)^\circ\text{C} = 51,92^\circ\text{C}$ , valor muito próximo daquele obtido pelo ajuste. Já  $\frac{1}{t_1}$  corresponde ao parâmetro  $k$  presente na lei do resfriamento (veja-se a equação (5)), e depende das características do corpo; fatores como cor (que afeta a emissividade), massa, área de contato, entre outros, influenciam o valor desse parâmetro.

## Resultados da aprendizagem

Utilizando a *webcam*, o professor mostrou aos discentes o aparato de coleta de dados e explicou brevemente seu funcionamento; em seguida colocou a água, já aquecida, e o sensor posicionado dentro do sistema. Ao abrir o monitor serial do Arduino, com a tela compartilhada, os alunos puderam acompanhar a medição de temperatura em tempo real.

Antes de iniciar o tratamento teórico foi perguntado aos alunos como esperavam que a curva (*Temperatura X Tempo*) se comportaria. Os alunos demonstraram uma boa ideia da compreensão do fenômeno, afirmando, em geral, que o gráfico seria com certeza decrescente.

Entretanto, ao serem questionados sobre a forma do decrescimento, mais especificamente sobre o tipo de função que melhor modelaria o fenômeno, os alunos mostraram-se. Um deles, A3, afirmou que se trataria de uma reta, conforme a transcrição a seguir:

*"A3: Acho que vai ser decrescente linear, uma reta[...]"*

A afirmação de A3 está de acordo com a ideia de Ausubel (1980) segundo a qual, tendo como referência nossa experiência, criamos em nossa estrutura cognitiva modelos que descrevem, aproximativamente, os fenômenos que observamos. Entretanto, apenas quando confrontados com mais informações conseguimos realizar a diferenciação progressiva, para ajustar aos modelos pré-existentes regras mais precisas de funcionamento.

Outros três alunos se pronunciaram de forma similar a A3 (A1, A9 e A11). Dois outros (A5 e A8) fizeram previsões mais próximas daquilo que ocorre de fato como pode ser visto na fala da aluna A8:

*"A8: Vai diminuir mais no início...[inaudível]...depois fica mais linear, mas no início é tipo exponencial[...]"*

Em sua fala, a aluna A8 descreve seu raciocínio, expondo simultaneamente o que ela entende que acontecerá e o que pensou para supor esse modelo. Embora não esteja estritamente correto, o raciocínio inicial é realmente idêntico à origem da equação de resfriamento (equação 1) proposta por Newton. De forma que a taxa

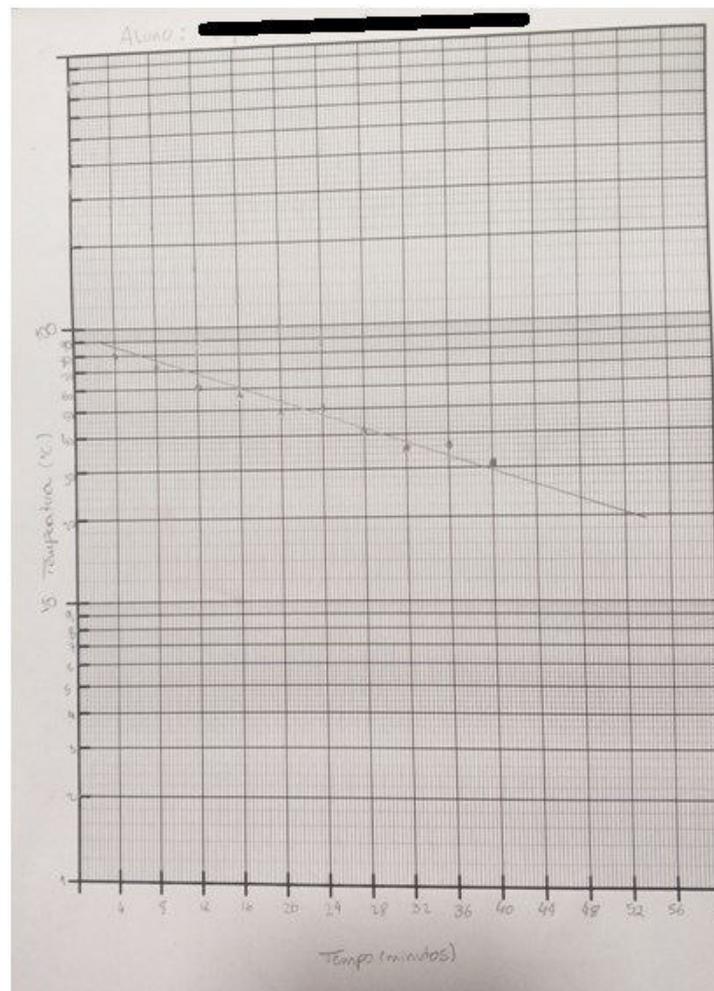
com que se dá a transferência de calor depende da diferença entre a temperatura do corpo e do ambiente.

Após esse momento, o professor deixou o sistema realizar a leitura da temperatura, enquanto explicava a lei do resfriamento, seu surgimento, sua demonstração analítica e abordou uma discussão sobre os limites de sua validade. Posteriormente os alunos também foram orientados sobre a utilização do papel mono-log.

O papel mono-log, do qual falamos na seção 3.2, é particularmente útil para analisar uma função exponencial, pois permite transformá-la em uma reta. Com efeito, conforme explicado anteriormente, o eixo vertical acomoda uma escala logarítmica, enquanto o horizontal encontra-se uma escala linear. As divisões verticais são chamadas de "décadas" e a marcação de pontos nesse tipo de papel resultará justamente em uma reta, se a função for exponencial. Na realidade essa é uma distorção de proporção proposital, pois aplicando as propriedades de logaritmo, podemos estimar com boa precisão os parâmetros da equação exponencial a partir de elementos da reta obtida.

Após uma hora de aula, os dados foram compartilhados com os alunos em formato de tabela, para que esses pudessem elaborar os gráficos e calcular o coeficiente angular ( $k$ ), para enfim realizar a comparação com o parâmetro obtido antecipadamente. Os alunos precisaram de um tempo médio de 13 minutos para elaborarem os gráficos, e obtiveram valores de coeficiente angular relativamente próximos ao esperado. Um dos gráficos dos alunos é mostrado na Figura 5:

**Figura 5.** gráfico feito por A5, escala do papel mono-log.



Fonte: O autor

Assim como no diagrama representado na Figura 5, os gráficos dos outros alunos também apresentaram falta de alguns elementos, como a barra de erros, critérios para a escolha da melhor reta, entre outros. Entretanto, todos conseguiram esboçar a reta, e estimar o coeficiente angular, representando o parâmetro  $k$  da equação. A média dos erros obtidos pelos dados dos alunos, para  $k$ , foi de  $\pm 8,6\%$ .

Tão importante quanto o resultado experimental, foi evidentemente o resultado de aprendizagem, que pôde ser apreciado nas perguntas finais aos alunos. Aqueles que antes afirmaram que o comportamento seria linear, por exemplo compreenderam que a diferença de temperatura afeta a taxa de calor transferida, o que foi constatado tanto visualmente, enquanto observavam os dados do experimento, quanto durante a demonstração da equação do resfriamento. O que ficou também reforçado pela análise da equação (5), que confirma que a curva de resfriamento deve ser exponencial.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Observando os objetivos do trabalho, de proporcionar o aprendizado teórico do resfriamento dos corpos, associado à uma demonstração do aspecto fenomenológico. Percebemos que os gráficos mostrados pelos alunos, associados aos depoimentos dos mesmos, indicaram que houve aprendizagem significativa em relação ao tema.

Podemos afirmar isso pois foi possível acompanhar o processo de diferenciação progressiva, e reconciliação integradora, à medida que os alunos começaram a pensar no conceito do resfriamento de forma mais estruturada, como pôde ser observado nos relatos dos alunos. O que é diferente de uma aceitação passiva de uma informação.

Quanto à atividade experimental em si, os alunos mostraram bastante entusiasmo na participação, o que pode ser notado pelo grande engajamento em responder às perguntas e no decorrer da própria aula. A utilização da eletrônica, em especial do Arduino, proporcionou um perceptível aumento no interesse dos discentes pela observação do fenômeno, provavelmente por terem acesso em tempo real à medição, enquanto acontecia a variação da temperatura da água.

Por fim, entendemos que o momento de ensino à distância possui seus próprios desafios, mas acreditamos que práticas que busquem propiciar uma maior participação dos alunos, sem deixar de lado o formalismo necessário ao tratamento dos temas, são exemplos de práticas bem sucedidas no ensino de física.

## REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, M. S. T., ABIB, M. L. V. dos S. **Atividades Experimentais no Ensino de Física: Diferentes Enfoques, Diferentes Finalidades.** Revista Brasileira de Ensino de Física, vol. 25, no. 2, Junho, 2003.
- AUSUBEL, D. P.; NOVAK, J. D.; e HANESIAN, H. **Psicologia Educacional.** 2. ed. Rio de Janeiro: Interamericana. Tradução ao português de Eva Nick et al. de Educational psychology: a cognitive view (1968). 1980.
- BRASIL. **Ministério da Educação.** Base Nacional Comum Curricular. Brasília, 2018.
- CORRALLO, M. V. JUNQUEIRA, A. C. **A lei de esfriamento de Newton utilizando a automatização da tomada dos dados por meio do Arduino.** XXI simpósio nacional de ensino de física – SNEF 2015.

- DIEFENTHÄLER, A. T. **Determinação da curva de resfriamento da água em ampolas de garrafas térmicas**. revista Mundi engenharia, tecnologia e gestão. Curitiba, PR, v. 1, n. 2, 21, jul./dez., 2016.
- FILHO, J. A. et. al. **O ensino de física e a lei do resfriamento de Newton no cálculo do calor específico de metais**. Revista do professor de física, v. 4, n. 3, p. 73-83, Brasília, 2020.
- HALLIDAY, D. RESNICK, R., WALKER, J. **Fundamentos de Física - Vol. 2-** Gravitação, Ondas e Termodinâmica, 10ª edição. LTC, 06/2016. Vital Book file.
- HEIDEMANN, A. L. et. al. um ciclo de modelagem sobre a lei de resfriamento de Newton. XX simpósio nacional de ensino de física – SNEF 2013.
- HEIDEMANN, L. A. et. al. **Atividades experimentais com enfoque no processo de modelagem científica: Uma alternativa para a ressignificação das aulas de laboratório em cursos de graduação em física**. Revista Brasileira de Ensino de Física, vol. 38, nº 1, 1504 (2016)
- LARA, A. L. **Ensino de física mediado por tecnologias de informação e comunicação: um relato de experiência**. XX Simpósio Nacional de Ensino de Física – SNEF 2013 – São Paulo, SP.
- MONTEIRO, M A. A. **O uso de tecnologias móveis no ensino de física: uma avaliação de seu impacto sobre a aprendizagem dos alunos**. Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências. Vol. 16, No1, 2016
- MOREIRA, M. A. **Teorias de Aprendizagem**. In: MOREIRA, A. M. Teorias de Aprendizagem. São Paulo: E.P.U., 2. ed., p. 159-173, 2017.
- MOREIRA, M. A.; MASINI. E. F. S. **Aprendizagem significativa: a teoria de David Ausubel**. São Paulo: Centauro, 2001.
- MOREIRA, M. A. **O QUE É AFINAL APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA?**. Aula inaugural, Universidade Federal do Mato Grosso, 2010.
- PEREIRA, I. M. N. BARBOZA, C. M. **Teoria e prática na lei de resfriamento de Newton ensino da matemática em debate**, São Paulo, v. 5, n. 1, p. 45 – 53, 2018.
- SARTORELLI, J. C. et. al. **A Lei de Esfriamento de Newton Introdução às Medidas em Física - Parte II**. Revista Brasileira de Ensino de Física, vol. 21, no. 1, Março, 1999.
- SOUZA, L. F. **Um experimento sobre a dilatação térmica e a lei de resfriamento**. 2017. 26.f. Monografia de Conclusão de Curso – Licenciatura em Física -departamento de Física da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2014.

# Identificação e análise dos modelos didáticos de um grupo de professores de Biologia do Ensino Médio

*doi.org/10.35819/scientiatec.v9i1.4368*

**Edmundo Rodrigues Junior**

Instituto Federal do Espírito Santo (IFES)  
(edmundo.cruzeiro@gmail.com)

**Marcela Moraes de Oliveira**

Universidade Federal do Espírito Santo (UFES)  
(marcela\_moraes13@hotmail.com)

**Tiago Destéffani Admiral**

Instituto Federal Fluminense (IFF)  
(tdesteffani@gmail.com)

**Resumo:** Identificar e analisar os modelos didáticos dos docentes pode ser o início para se pensar em estratégias didáticas para melhorar o ensino de biologia. Para atingir o objetivo aplicamos um questionário a 20 professores de biologia do ensino médio. Identificamos os modelos didáticos utilizados pelos docentes a partir das suas percepções sobre: os objetivos para ensinar, os conteúdos a ensinar, as concepções e os interesses dos alunos, a metodologia e sobre a avaliação. Em todas as dimensões supracitadas percebemos uma tendência dos professores em reconhecer as visões construtivistas do ensino, isto é, assumir modelos didáticos espontaneísta e investigativo. No entanto, os professores ainda possuem uma tendência conservadora associada aos modelos tradicional e tecnológico para avaliar os alunos. Entender o perfil dos docentes pode facilitar a elaboração de projetos de formação continuada mais eficazes e com ênfase na dimensão avaliação.

**Palavras-Chave:** Docentes; Modelo investigativo; Avaliação.

## Identification and analysis of didactic models of high school biology teachers' group

**Abstract:** Identify and analyze the teachers' didactic models can be the beginning to think about teaching strategies to improve the science learning. To achieve the aim, we applied a questionnaire to 20 high school biology teachers. We identified the didactic models used by teachers from their perceptions about: the objectives to teach, the contents to teach, the students' conceptions and interests, the methodology and the evaluation. In all the dimensions mentioned above, we perceive a tendency for teachers to recognize constructivist views of teaching, that is, to assume didactic models associated with spontaneous and investigative models. However, teachers still have a conservative tendency associated with traditional and technological models to evaluate students. Understanding the profile of teachers can facilitate the development of more effective continuing education projects with an emphasis on the evaluation dimension.

**Keywords:** Teachers; Investigative model; Evaluation.

## INTRODUÇÃO

Ensinar Ciências, em particular biologia é uma tarefa difícil, uma vez que exige tanto do professor como do aluno lidar com uma grande quantidade de palavras complexas, e com escrita e pronúncia que difere daquela usada no cotidiano (DURÉ,

ANDRADE e ABÍLIO, 2018). Ainda segundo os autores, é possível observar isso principalmente no ensino médio, em que o professor deve abordar uma variedade de conteúdos que vai desde a diversidade de seres vivos até os seus processos e mecanismos de funcionamento. Ademais, tais conteúdos quase sempre se apresentam distantes do dia-a-dia dos estudantes, não sendo possível na maioria das vezes, a sua observação (DURÉ, ANDRADE E ABÍLIO, 2018).

Outra dificuldade apontada por Duré, Andrade e Abílio (2018) no processo de ensino-aprendizagem é que o aluno costuma trazer consigo conhecimentos prévios formados em sua experiência de vida, o que os leva a criar certa resistência aos novos conhecimentos. Assim sendo, cabe ao professor enfrentar outro desafio que é ensinar os diferentes conteúdos de Biologia sem ignorar as experiências dos estudantes.

Alguns autores têm apontado alternativas para melhorar o ensino de biologia, diminuindo assim os obstáculos vivenciados pelos alunos para aprender essa disciplina. Perini e Rossini (2018), por exemplo, utilizam na sala de aula materiais como isopor, arame, dentre outros, para representar conteúdos de biologia. Os autores comparam os resultados de duas aulas, uma que foi realizada apenas de forma expositiva e outra em que os alunos construíram e utilizaram tais materiais. Concluem que a utilização de estratégias diferenciadas como esta, leva os alunos a terem mais interesse pelo assunto, pois neste caso, eles foram submetidos a um contato com estruturas maiores do que as naturais podendo observar com maior precisão os detalhes de determinada estrutura.

Duré, Andrade e Abílio (2018) investigaram as concepções prévias dos alunos a respeito da contextualização entre os conteúdos de Biologia e o seu cotidiano. O estudo indicou relação entre interesse, aprendizagem dos conteúdos e a capacidade de relacionar os conteúdos com o cotidiano. Porlán et. al. (1997; 1998) e Pérez (2000) têm adotado a ideia dos modelos didáticos de professores, pois estes permite representar crenças à respeito de aspectos da docência que norteiam os fazeres pedagógicos dos professores.

Diante do exposto, percebemos que precisam existir algumas ações no âmbito da formação docente para que os professores possam inicialmente identificar seus modelos didáticos e posteriormente refletir sobre a possibilidade de colocá-las em prática na sala de aula. Nesse sentido procuramos neste artigo identificar e analisar os modelos didáticos de um grupo de professores que já lecionaram ou lecionam Biologia no ensino médio.

Segundo dados do Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais (INEP)<sup>1</sup>, o Brasil apresentou baixo rendimento nas provas de ciências do Programa Internacional de Avaliação de Estudantes (PISA), aplicadas em 2018. Ainda segundo o INEP, esse resultado se encontra estagnado desde 2009. O fraco desempenho dos estudantes do Brasil nas provas de ciências do PISA justifica a necessidade de compreender os modelos didáticos e sugerir melhoras na formação inicial e continuada do professor, para refletir em um melhor processo de ensino aprendizagem.

## REFERENCIAL TEÓRICO

### Modelos didáticos

Garcia Pérez (2000) utiliza o termo “modelos didáticos” para definir o conjunto de crenças e práticas pedagógicas de professores. Segundo o autor existem quatro diferentes modelos que permeiam o ambiente educacional através da prática dos professores (o tradicional, o tecnológico, o espontaneísta e o alternativo). Tais modelos estão alicerçados em cinco dimensões: Qual o objetivo do ensino? O que deve ser ensinado ao aluno? Qual a relevância das ideias e interesses do aluno? Como ensinar? E como avaliar? Baseado nessas dimensões é que o autor define cada modelo didático.

O modelo tradicional é baseado nos pressupostos de transmissão da cultura vigente, e desconsidera o contexto social da comunidade escolar e os interesses dos alunos. Nesse modelo há uma supervalorização dos conteúdos e a metodologia enfatiza a memorização de conteúdos fragmentados e os alunos são avaliados em relação à assimilação das informações e devem assumir uma postura passiva diante do processo de ensino e aprendizagem (GARCÍA PÉREZ, 2000).

O modelo tecnológico assume uma perspectiva técnico-científica do ensino, sua principal característica é a tentativa de incorporar ao currículo da escola atividades práticas e material didático atualizado, além de um detalhamento rígido dos planejamentos de ensino. A avaliação busca quantificar a aprendizagem e atestar a

---

<sup>1</sup>Disponível em [http://portal.inep.gov.br/artigo/-/asset\\_publisher/B4AQV9zFY7Bv/content/pisa-2018-revela-baixo-desempenho-escolar-em-leitura-matematica-e-ciencias-no-brasil/21206](http://portal.inep.gov.br/artigo/-/asset_publisher/B4AQV9zFY7Bv/content/pisa-2018-revela-baixo-desempenho-escolar-em-leitura-matematica-e-ciencias-no-brasil/21206).

eficiência desse sistema de ensino. Neste contexto o aluno ainda assume papel de passividade e caso suas concepções sejam consideradas, estas devem ser vistas como um erro conceitual a ser corrigido (GARCÍA PÉREZ, 2000).

No modelo espontaneísta, o aluno é posicionado como foco do processo, tendo papel ativo. É valorizado o desenvolvimento de habilidades e competências, além disso, considera-se a realidade na qual estão inseridos e partir disso o professor elabora seu planejamento. O professor tem papel gerencial do processo, coordenando as atividades, e a avaliação se dá através da participação dos alunos (GARCÍA PÉREZ, 2000).

Já o modelo alternativo, representa um modelo de ensino no qual o aluno aumenta seu conhecimento de forma gradativa o que lhe torna capaz de atuar no mundo que o rodeia. Neste contexto, tanto professor como aluno exercem papel ativo. Os professores assumem função de investigadores de suas práticas pedagógicas, e os alunos são construtores de suas próprias aprendizagens a partir de situações-problema que lhe são propostos. A avaliação tem como finalidade identificar as dificuldades dos alunos e possibilitar reflexões sobre a construção dos seus conhecimentos (GARCÍA PÉREZ, 2000).

Porlán e Rivero (1998) designaram uma hierarquia em relação ao conhecimento profissional dos professores, que vai desde uma concepção mais simplicista, inerte e acrítica que representa o modelo didático tradicional, e depois passa pelo nível intermediário, no qual encontram os modelos tecnológicos e espontaneísta, até alcançar um modelo de ensino investigativo. Para Porlán e Rivero (1998) e García e Porlán (2000), quatro aspectos básicos devem nortear a formação de professores: suas convicções e experiências, os problemas práticos dos professores, a influência de outras origens de conhecimento e a correlação entre elas.

De acordo com Lopes *et al.* (2017) o modelo didático, apesar de ser uma teoria formada no contexto espanhol foi reconhecida na realidade brasileira a partir de vários trabalhos, porém com uma característica nova: o modelo didático híbrido. De acordo com os autores isso acontece porque o professor acaba levando consigo experiências de sua formação, que estão relacionadas com modelos tradicionais e ao mesmo tempo convivem com propostas curriculares modernas que ele admira, mas que nem sempre adota em sua realidade (LOPES, *et al.* 2017).

Ademais, a teoria dos modelos didáticos tem sido apontada como uma ferramenta para estudar o discurso dos professores, contudo, é necessário que se

avaliar a afinidade na relação entre discurso e prática docente. Por fim, a teoria dos modelos didáticos é considerada uma alternativa, principalmente para pesquisadores da área de educação em ciências para estudar e sugerir melhorias na prática docente de professores e futuros professores, uma vez, que esta pode ser aplicada em diferentes ambientes e contextos.

Cunha (2016) ao investigar modelos didáticos de professores de Biologia de duas escolas da rede estadual, chegou à conclusão de que os professores não utilizam um único modelo didático em seu fazer pedagógico. Eles utilizam um modelo didático com maior frequência, que foi definido pelos autores como (MDFP) “modelo didático encontrado no fazer pedagógico”, porém os autores também observaram que os professores não desprezam os outros modelos, ou seja, notou-se que outros modelos também apresentam importância no fazer pedagógico desses professores, dessa forma, foi definido o (MDP), “Modelo didático Próprio”. Esse MDP mostra que nenhum dos professores se utiliza apenas do seu MDFP e que cada característica dos modelos didáticos apresentados por García Perez (2000) tem sua importância na didática desses professores, sendo assim, também utilizados no que se chamou de MDP. Dessa forma os autores ressaltam que nenhum dos modelos pode caracterizar de forma integral o fazer pedagógico de cada um dos professores entrevistados.

Resultado semelhante ao de Cunha (2016) é reportado no trabalho de Ayres Pereira e Marcondes (2013). Os autores investigaram os modelos didáticos de professores de ciências de 9º ano. Os resultados indicam que os docentes combinam modelos didáticos ecléticos no processo de ensino-aprendizagem. No mesmo sentido Rodrigues Júnior *et al.* (2019) ao investigarem os modelos didáticos de um grupo de alunos de um curso de Pós-graduação *lato sensu* em Ensino de Ciências, constataram que os modelos didáticos dos alunos de ensino de Física são mais híbridos que os modelos didáticos manifestados pelos alunos de ensino química.

## PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A ideia deste trabalho surgiu no primeiro semestre de 2019 durante a disciplina “Tópicos Especiais de Ensino de Ciências” do curso de pós-graduação *lato sensu* em Ensino de Ciências, de uma Instituição Federal de ensino. Durante a disciplina supracitada tivemos o contato inicial com os modelos didáticos dos professores que

ocorreu através da leitura do trabalho de Ayres, Pereira e Marcondes (2013). Destarte, um dos autores deste trabalho participou como público alvo da pesquisa de Rodrigues Júnior, et. al. (2019) no qual identificava o modelo didático dos alunos da pós-graduação. Imediatamente surgiu a possibilidade de realizar algo parecido com outros públicos em outros contextos, contribuindo assim para que outros professores tivessem consciência de seus modelos didáticos, e fossem capazes de classificá-los e, a partir dessa informação, iniciar uma possível transição das aulas tradicionais para aulas mais investigativas.

Iniciamos a leitura do tema modelos didáticos a partir do livro intitulado por *El conocimiento de los profesores*, escrito em 1998, pelos pesquisadores espanhóis Rafael Pórlan e Ana Rivero. Em seguida lemos os artigos escritos por Hygino, Moura e Linhares (2014), e Hygino, Marcelino e Linhares (2013). Os dois artigos encontram-se publicados em revistas classificadas no quadriênio 2013-2016, respectivamente com *qualis* A1 e A2, na área de avaliação ensino da Capes<sup>2</sup>. Tanto o livro como os artigos supracitados tratam das principais características dos modelos didáticos, bem como sua importância no processo de ensino e da aprendizagem. Eles discorrem sobre a importância do entendimento sobre a apropriação e desenvolvimento das crenças dos professores e como elas podem interferir em suas concepções, ações e decisões.

Durante o segundo semestre de 2019, um dos autores desse artigo apresentou um seminário sobre o tema durante disciplina “Seminário de Projeto I” do mesmo curso de pós-graduação citado anteriormente. Num segundo momento, foi criado um questionário *online* utilizando a ferramenta “Google formulários”. O questionário foi baseado no instrumento elaborado por Santos Jr. (2009) que é constituído de 20 proposições distribuídas nas dimensões de ensino: objetivo; conteúdo; contribuição do aluno; metodologia e avaliação e tem como objetivo identificar as concepções dos modelos didáticos de professores de Biologia do Ensino Médio. Neste questionário, o professor deveria marcar a concordância ou discordância com as afirmações apresentadas, assinalando: 0 (discordância total); 1 (discordância parcial); 2 (concordância parcial); 3 (concordância total). Além disso, aplicamos seis perguntas à respeito da formação desses professores e dos conteúdos de biologia ministrados por eles.

---

<sup>2</sup> Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior

Os professores foram nomeados de acordo com as letras do alfabeto (Professor E, Professor J, etc.) e trechos das suas respostas serão utilizados.

## RESULTADOS

### Identificação do perfil dos professores de Biologia

Conhecer quem são os professores, a sua formação e suas representações são condições essenciais tanto para traçar-se esse perfil, quanto para se pensar na elaboração de política de desenvolvimento profissional para esses docentes (LEITE e MOREIRA, 2000). O questionário foi enviado para 43 professores que estão lecionando o ou que já lecionaram aulas de Biologia e ficou disponível on-line do dia 20 de abril de 2020 até o final de junho de 2020. Obtivemos um total de 20 respostas.

Doze professores entrevistados já conheciam a teoria dos modelos didáticos de ensino através de algum curso de formação continuada que participaram. Esse dado chama atenção já que o conhecimento sobre esses modelos pode ter influenciado nas respostas dos docentes em relação às suas verdadeiras convicções sobre os diferentes aspectos didáticos que envolvem o trabalho de um professor. De acordo com Peme-Anarega (2005) os docentes podem incorporar em seu discurso, concepções de modelos de ensino mais modernos e que ele possa ter desenvolvido uma afinidade, porém nem sempre é o que realmente se tem praticado.

Em relação à instituição, carga horária e a modalidade do curso de pós-graduação (presencial ou à distância) da qual os docentes participaram, obtivemos respostas diversas. Alguns fizeram cursos oferecidos pelo MEC (Ministério da Educação), SEDU (Secretaria de Educação do Estado do Espírito Santo) e instituições federais como o IFES (Instituto Federal do Espírito Santo) a UFES (Universidade Federal do Espírito Santo), poucos mencionaram alguma instituição particular. A carga horária variou de cursos entre 45 horas até de 600 horas sendo que a maioria deles ocorreu de forma presencial, alguns online ou de forma semipresencial.

A respeito da titulação máxima, a maioria dos professores possui especialização *lato sensu* representando um total de nove professores entrevistados, seis disseram possuir o título de mestre, três possuem apenas graduação, um doutorado e um pós-doutorado.

Quanto ao tipo de graduação cursada pelos professores, pode-se observar que a maioria cursou Licenciatura totalizando (dezessete entrevistados), três professores cursaram licenciatura e bacharelado.

Em relação ao tempo de docência dez professores afirmaram lecionar ou ter lecionado a mais de 10 anos, enquanto cinco disseram lecionar entre 0 e 5 anos e os outros cinco professores lecionam entre 5 e 10 anos.

Sobre o local de trabalho dos docentes, dezesseis professores afirmaram que já lecionaram ou lecionam na rede pública estadual de ensino, quatro professores trabalham na rede pública e privada e apenas um leciona na rede municipal de educação.

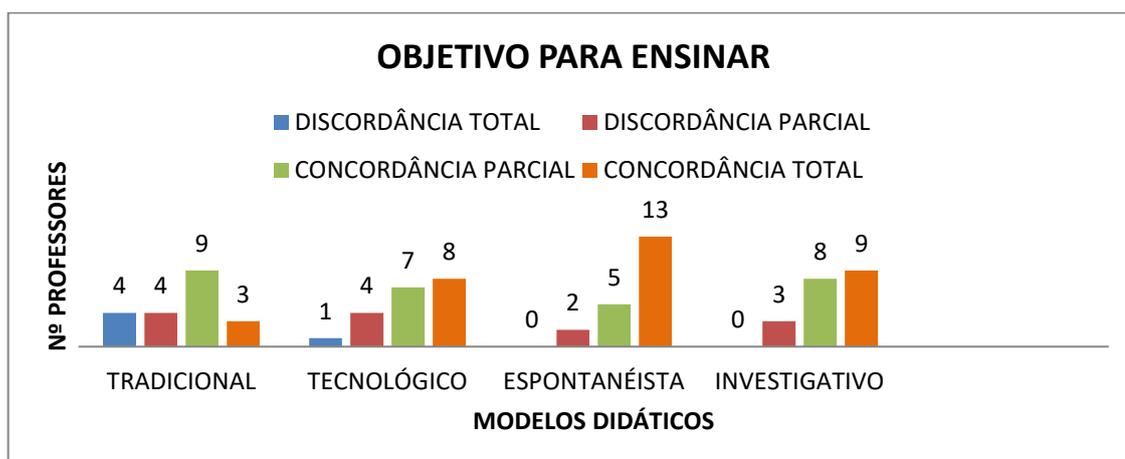
### **Identificação dos modelos dos professores de Biologia**

Foram apresentadas aos docentes apenas as características dos modelos didáticos referentes a cada dimensão de ensino, ou seja, omitimos para os professores o nome dos modelos didáticos (Tradicional, Tecnológico, Espontaneísta e Investigativo) a fim de proporcionar maior credibilidade ao instrumento aplicado. Não havia necessidade de identificação na ocasião da resposta do questionário. O fato de ser anônimo deu credibilidade do questionário, uma vez que os professores não precisariam causar uma "boa impressão" para o entrevistador.

Na primeira questão os professores deveriam responder qual objetivo principal para ensinar biologia aos seus alunos:

- a) Para que meu aluno possa se tornar um indivíduo dotado da cultura vigente. (Tradicional)
- b) Para que meu aluno tenha uma formação eficiente e moderna, ou seja, esteja inserido no mundo tecnológico no qual todos nós precisamos conviver (Tecnológico)
- c) Para que meu aluno se torne um cidadão crítico, ético e atuante no mundo em que vive. (Espontaneísta)
- d) Para que meu aluno possa enriquecer progressivamente seus conhecimentos e vá aos poucos conseguindo fazer leituras cada vez mais complexas do mundo em que vive. (Investigativo)

O gráfico 1 abaixo mostra o resultado obtido para a dimensão de ensino "Objetivo para Ensinar".

**Gráfico 1.** Repostas referentes aos objetivos para ensinar biologia.

Fonte: Organizado pelos autores

Analisando as respostas dos professores relacionadas aos seus objetivos de ensino quanto à disciplina de Biologia, podemos observar que um número maior de docentes concorda plenamente com a proposição que representa o modelo de ensino espontaneísta, totalizando 13 professores. É importante observar que para os modelos de ensino espontaneísta e investigativo nenhum professor marcou discordância total, enquanto tiveram professores que discordaram totalmente das afirmativas relacionadas aos modelos tecnicista e tradicional.

De acordo com Harres *et al.* (2005), o planejamento e a execução de uma aula do professor se relacionam com seu saber ou conhecimento profissional. Assim, este fazer pedagógico reflete o modelo de apoio do professor (HYGINO, 2015). Neste sentido percebemos nas respostas dos professores que, em relação aos objetivos de ensinar biologia, suas crenças didáticas estão alinhadas a modelos de ensino construtivistas.

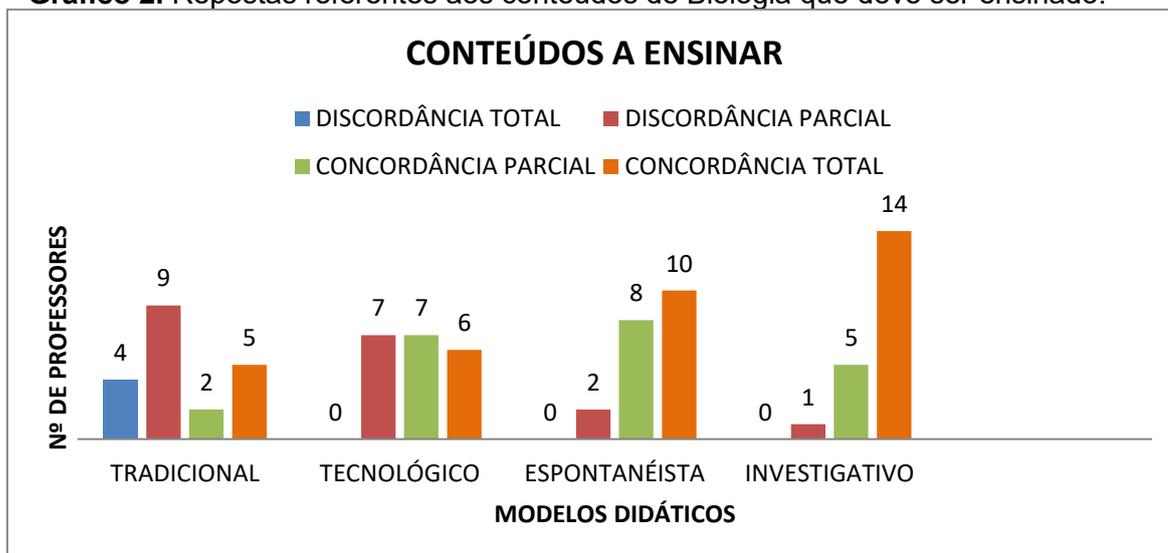
A segunda questão tinha por objetivo investigar qual conteúdo de biologia os professores entendem que devem ser levados aos seus alunos. Suas respostas foram importantes para se conhecer o propósito dos professores em relação às escolhas dos conteúdos para serem ministrados:

- a) Uma síntese dos conceitos biológicos mais importantes. (Tradicional)
- b) Uma síntese dos conceitos biológicos mais importantes, combinados com aplicações tecnológicas desses conceitos. (Tecnológico)
- c) Conceitos biológicos presentes nos fenômenos que se apresentam no cotidiano do aluno. (Espontaneísta)

- d) Conhecimentos que permitam a integração nos níveis científicos, social, histórico e ambiental. (Investigativo)

O gráfico abaixo mostra o resultado obtido para a dimensão de ensino “conteúdos a ensinar”:

**Gráfico 2.** Respostas referentes aos conteúdos de Biologia que deve ser ensinado.



**Fonte:** elaborado pelos autores

É possível observar que um total de 14 professores concordou plenamente com a afirmação correspondente ao modelo de ensino alternativo, ou seja, a maioria deles tem o desejo de ensinar conteúdos de Biologia que permitam integrar conhecimentos nos níveis científicos, sociais, históricos e ambientais. É importante salientar que o grau máximo de concordância vai diminuindo quando se passa sucessivamente dos modelos espontaneísta para o tecnológico e para tradicional.

A seguir descrevemos algumas respostas dos professores em relação aos conteúdos de Biologia que eles consideram essenciais para a aprendizagem de seus alunos:

Ecologia, Genética, Citologia/histologia/sistemas. Penso que além de serem conteúdos que permeiam os concursos e Enem. A compreensão dos mesmos oportuniza os alunos uma interação entre o meio ambiente e o conhecimento de si mesmo e a partir daí, os referidos conteúdos passam a ter implicação em seu cotidiano. (Professor E)

Ecologia, Genética, Fisiologia. São importantíssimos para o ENEM, e sabemos que essa prova cobra muito conteúdo dos participantes. (Professor J)

Sexualidade/Reprodução; Ecologia (geral) e Evolução. Acredito que esses sejam conteúdos que auxiliam na compreensão do aluno a respeito do mundo em que ele vive e ao mesmo tempo fornece ferramentas para que ele possa transformá-lo. (Professor M)

Genética e Biotecnologia, Anatomia e Fisiologia dos Seres Vivos e Ecologia. Esses conteúdos fornecem ao aluno uma visão do estudo da Biologia sua importância e como eles se relacionam com situações cotidianas tais como impactos ambientais, conhecimento do funcionamento do corpo e fatores de cuidado com o mesmo e a importância do desenvolvimento genético para análise por exemplo de doenças que afetam o ser humano bem como o desenvolvimento de produtos do dia a dia que envolvem a biotecnologia (Professor N)

Ecologia e biodiversidade, teia alimentar e a distribuição de energia, diferentes biomas do planeta. Tais conteúdos visam contextualizar e inserir o educando no mundo a sua volta e seu funcionamento equilibrado diante de todas as interferências existentes. (Professor P)

Biologia celular, ecologia, genética. O aluno precisa ter noção da constituição dos seres vivos, entender como nos relacionamos na natureza com os demais seres vivos e como eles se organizam. Além disso, é preciso entender a variabilidade genética entre os seres vivos e como o homem é capaz de manipular geneticamente vários organismos para nós favorecer. (Professor Q)

É possível observar que os professores destacam conteúdos que são basicamente conectados entre si. São conteúdos de extrema importância para o entendimento da Biologia que estão relacionados com o nosso cotidiano. Ecologia, fisiologia, anatomia, citologia e evolução estão dentre os conteúdos mais citados pelos professores.

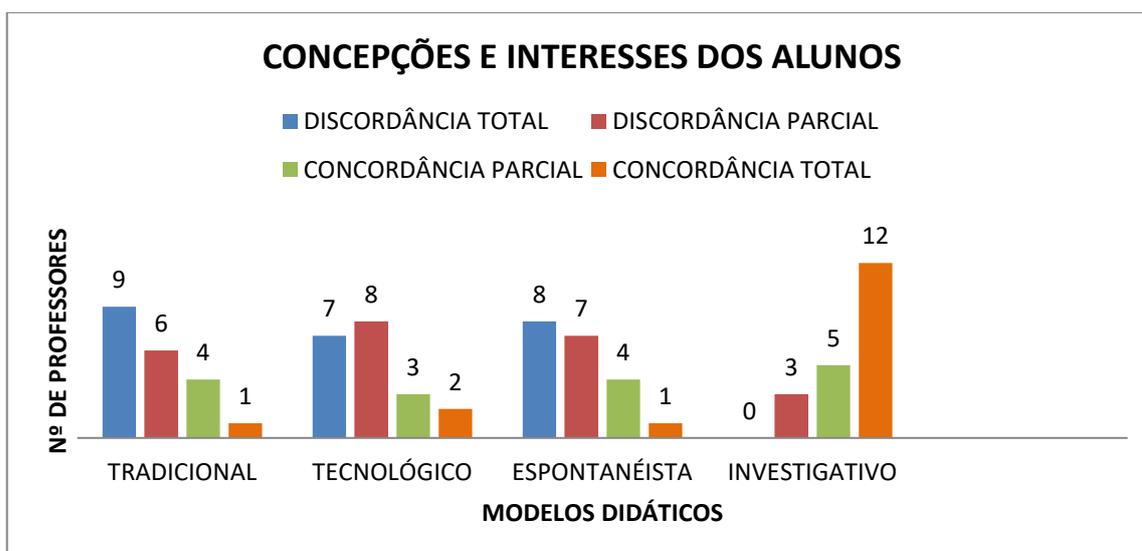
Os professores E e J destacam que os conteúdos Ecologia, Genética são bastante cobrados na prova Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM)..O conteúdo ecologia aparece como tendência predominante nas provas do ENEM aplicadas entre 2012 e 2016 (SILVA, SOUZA e CARVALHO, 2019). Já Nascimento (2020) conclui que, das 392 questões de biologia do ENEM entre 1998 e 2019, 50 abordavam o conteúdo específico de genética. Esses resultados, portanto, corroboram com as falas dos professores E e J. sobre a importância dos conteúdos ecologia e genética para o ENEM.

A terceira questão tinha por objetivo analisar as representações dos professores acerca do papel dos interesses dos seus alunos em relação à escolha dos conteúdos. Suas respostas foram cruciais para determinar até que ponto os professores acreditavam que o interesse prévio dos alunos, e suas preferências sobre alguns temas específicos, deveriam ser levados em consideração na seleção dos conteúdos:

- O fundamental para a escolha dos conteúdos não é interesse ou as concepções do aluno e sim a capacidade profissional do professor em escolher os conteúdos adequados para o ensino. (Tradicional)
- Os interesses não precisam ser considerados, as concepções sim. Caso essas concepções sejam erradas devem, com ensino, ser substituídas pelo aluno por concepções mais próximas das científicas. (Tecnológico)
- As concepções não precisam ser consideradas, os interesses sim, pois dessa forma o estudo de Biologia pode ser mais atraente e significativo para o aluno. (Espontaneísta)
- As concepções e os interesses devem nortear a escolha dos conteúdos que iram ser trabalhados. (Investigativo)

O gráfico abaixo mostra o resultado obtido para a dimensão de ensino “concepções e interesses dos alunos”

**Gráfico 3.** Respostas referentes às concepções e interesses dos alunos.



Fonte: elaborado pelos autores

Sobre a contribuição das concepções e interesses dos alunos em relação à escolha dos conteúdos de Biologia a serem trabalhados, observa-se um comportamento parecido com o do gráfico referente aos conteúdos a serem ensinados (gráfico 2), em que um número considerável de professores concorda total ou parcialmente com a afirmativa relacionada ao modelo de ensino investigativo. Isso demonstra que a maioria dos docentes considera relevante que as concepções e/ou os interesses devem nortear a escolha dos conteúdos de biologia que devem ser trabalhados na sala de aula.

Segundo Moreira (2011, p.4), os conhecimentos prévios dos alunos, é “isoladamente, a variável que mais influencia a aprendizagem”, portanto deve ser levado em consideração pelo professor no planejamento e execução da aula.

A quarta questão tinha por objetivo entender como o professor deve ensinar biologia aos alunos. Suas respostas foram cruciais para conhecer sobre as concepções de metodologia de ensino do professor:

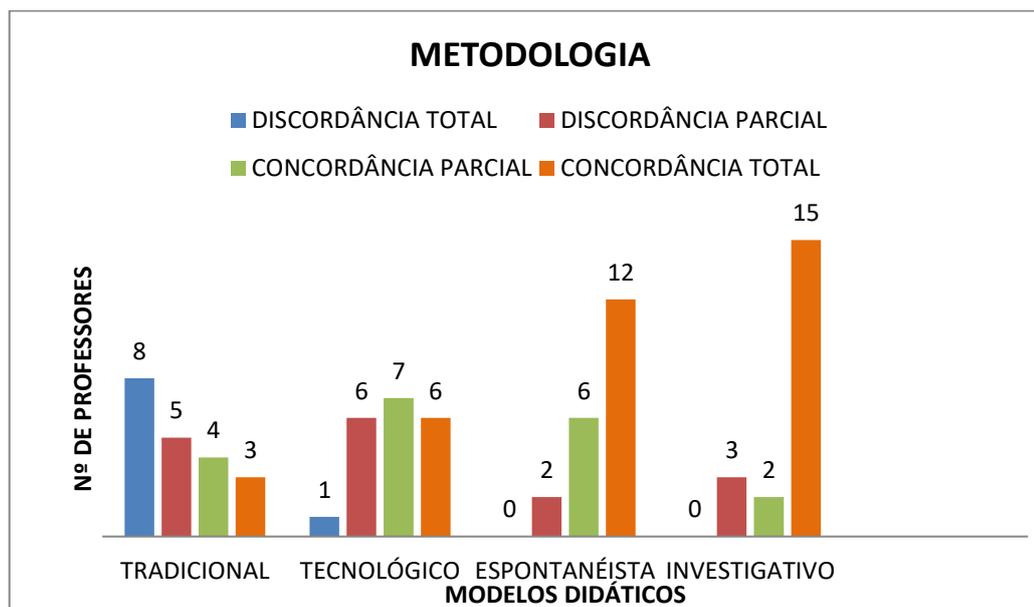
a) Como professor (a), devo estar apto a transmitir conhecimento ao meu aluno e manter uma ordem mínima necessária para que seja possível o trabalho; o aluno, por sua vez, se fizer a sua parte, ou seja, prestar atenção às aulas fizer as atividades e se esforçar uma pouco, poderá aprender Biologia com sucesso. (Tradicional)

b) Como professor, devo combinar aulas expositivas com aulas práticas, usando todos os recursos didáticos que disponho e atuar dentro da sala como um administrador das atividades; o aluno, por sua vez, deve fazer as atividades propostas. (Tecnológico)

c) Como professor, devo propor atividades que estimulem a capacidade do meu aluno de analisar, julgar, criticar e exercer a sua cidadania, além é claro, de aprender Biologia; devo atuar dentro da sala como um coordenador; o aluno é o centro do processo do ensino-aprendizagem. (Espontaneísta)

d) Como professor, devo propor situações problema para o meu aluno e atividades que permitam ao aluno ir resolvendo esse problema, dentro da sala devo atuar como um mediador e um investigador no processo de ensino-aprendizagem, o aluno tem um papel ativo na construção e reconstrução do seu conhecimento (Investigativo).

O gráfico a seguir mostra o resultado obtido para a dimensão de ensino “Metodologia”:

**Gráfico 4.** Respostas sobre como ensinar Biologia aos alunos.

**Fonte:** elaborado pelos autores.

Quanto à forma de ensinar, quinze professores concordaram plenamente com a proposição referente ao modelo de ensino investigativo que diz que o professor deve propor situações problema para seus alunos e atividades que permitam que eles possam resolver esse problema, dois professores concordaram parcialmente com essa proposição e apenas três discordaram parcialmente. Sendo assim, pode-se afirmar que a maioria deles concorda que o professor deve atuar como um mediador e um investigador no processo de ensino-aprendizagem e que o aluno tem um papel ativo na construção do seu conhecimento.

Já para os modelos tecnicista e tradicional ocorreu discordância total por parte de alguns docentes, alguns discordaram parcialmente e outros concordaram parcialmente. Vale destacar que cerca de seis professores concordaram totalmente com a afirmativa do modelo Tecnícista e apenas três professores concordaram totalmente com a afirmativa relacionada ao modelo tradicional de ensino.

Esse resultado mostra que os professores têm buscado maneiras alternativas na forma de ensinar tentando fugir da maneira tradicional de ensino na qual se valoriza transmissão de conteúdo e teorias, em que o aluno é apenas um receptor de conhecimento e deve apenas cumprir as tarefas designadas a ele. Isso é um ponto muito positivo e condizente com a realidade em que vivemos na atual educação. Paiva et al.(2016) destaca que as metodologias ativas podem favorecer o desenvolvimento

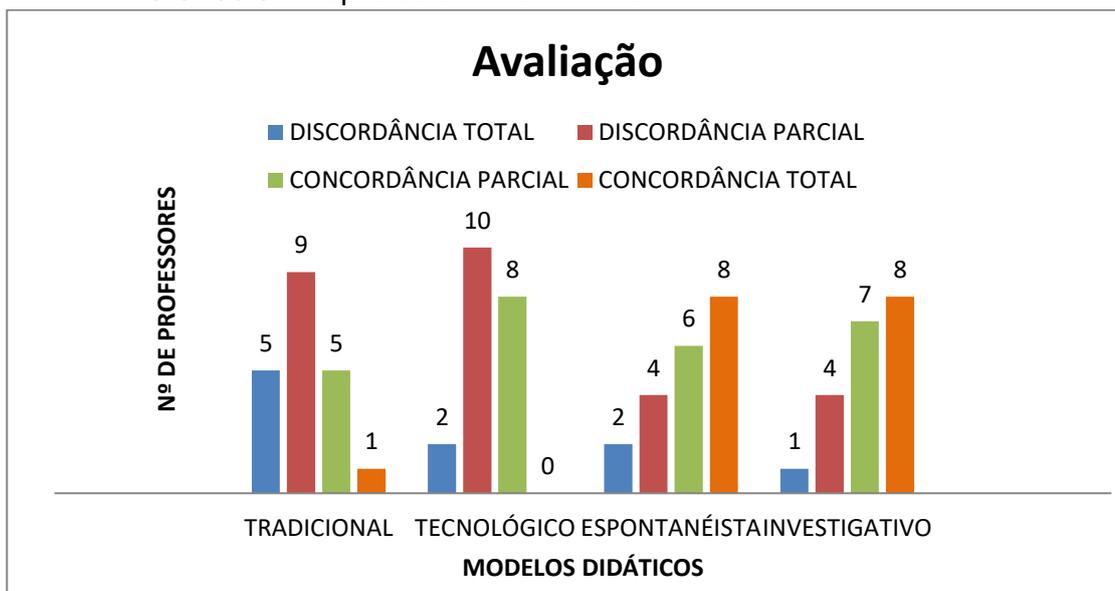
da autonomia do aluno, a ruptura com o modelo tradicional, o trabalho em equipe, a aproximação entre teoria e prática, além de melhorar a criticidade do aluno.

Nesse sentido, as metodologias ativas podem ser um caminho para a materialização das crenças didáticas investigativas apresentadas pelos professores neste trabalho.

A quinta questão tinha como propósito conhecer como o professor de biologia deve avaliar seus alunos:

- a) A minha avaliação deve cobrir o conteúdo trabalhado e com instrumentos individuais do tipo provas e listas de exercícios preferencialmente, visando identificar o conhecimento adquirido pelo aluno durante o período (Tradicional).
- b) A avaliação deve cobrir o conteúdo trabalhado, os instrumentos não precisam ser especificadamente individualizados, mas precisam me dar dados confiáveis para medir a aprendizagem e analisar o processo de ensino-aprendizagem (Tecnológico).
- c) A minha avaliação deve privilegiar a mudança atitudinal do meu aluno, as habilidades e competências construídas no processo de ensino-aprendizagem, por isso a minha observação é um fator importantíssimo. (Espontaneísta).
- d) A minha avaliação deve privilegiar a evolução dos conhecimentos do meu aluno no processo de ensino-aprendizagem; posso utilizar instrumentos individualizados ou coletivos, a minha observação. Essa avaliação também me orienta a fazer as modificações necessárias no processo, visando um melhor rendimento dos meus alunos. (Investigativo).

O gráfico a seguir mostra o resultado obtido para a dimensão de ensino: "Avaliação":

**Gráfico 5.** Respostas sobre a forma de avaliar os alunos.

**Fonte:** elaborado pelos autores.

A maioria dos professores discorda das afirmativas pertencentes aos modelos tradicional e tecnicista e concordam com as afirmativas pertencentes aos modelos espontaneísta e alternativo. Isso significa que o modelo tradicional de avaliação pode não ser o único utilizado pelos professores, mas sim um conjunto de estratégias para avaliar não somente a aprendizagem de conteúdos e conceitos, mas também do desenvolvimento das habilidades dos estudantes.

Percebemos uma incoerência entre as respostas apresentadas pelos professores sobre "como ensinar" e "como avaliar". Deve haver uma coerência com a forma que o professor ensina e avalia, aqueles que optaram preferencialmente por características de ensino investigativo, por exemplo, não podem admitir a possibilidade de fazer uma avaliação tradicional.

Para além dessa análise, uma incoerência nesse sentido a que nos referimos pode indicar uma possível tentativa de o professor mascarar sua verdadeira prática com o que ele acredita ser o ideal. Nesse cenário ele não teria a consciência dessa coerência entre metodologia de ensino e avaliação.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

É satisfatório chegar à conclusão de que os professores alvo dessa pesquisa se encontram num processo de transição das suas concepções de ensino e aprendizagem, partindo do antigo modelo tradicional para o modelo de ensino investigativo, que é o desejável. Contudo, levando em conta que todo o processo de formação de um professor, desde os cursos de licenciatura até os cursos de formação continuada atualmente ainda trazem consigo resquícios do modelo tradicional, no qual se prioriza o domínio de conteúdos específicos da disciplina que o professor irá lecionar, todas essas modificações serão um novo desafio tanto para os próprios professores como para governantes e instituições de ensino.

Esta nova fase exigirá dos professores em atuação, a capacidade de se deparar com a interdisciplinaridade, a interculturalidade e a contextualização proposta pela Base Nacional Comum Curricular, além de se deparar com os obstáculos do novo modelo de ensino investigativo, também em crescente destaque na educação.

A formação continuada desempenha um importante papel para conduzir o docente no desenvolvimento de habilidades que transcende o conhecimento específico da sua disciplina. Projetos interdisciplinares que envolvem a ciência, tecnologia e sociedade (CTS), pode ser um caminho.

Vale destacar também a importância da existência de uma articulação entre os entes federados e instituições formadoras, para que haja o avanço de uma política comum para o desenvolvimento da formação inicial e continuada de professores da educação básica.

Com o resultado obtido neste trabalho fica claro que o estudo sobre os modelos didáticos dos professores é um campo que ainda deve ser alvo de mais estudos. Inicialmente, os instrumentos aqui utilizados foram para identificar os modelos didáticos do grupo pesquisado, mais tarde, esses resultados poderão ser utilizados para construir conjuntamente com os professores e, de forma colaborativa, uma sequência didática baseada no modelo de ensino investigativo, utilizando metodologias ativas e baseada em algum dos conteúdos que os professores afirmaram ser essenciais no ensino de Biologia. Essa seria uma proposta interessante, visto que a maioria dos professores tem o desejo de mudar sua forma trabalhar, porém muitas vezes não sabe como fazer.

No ensino de Biologia existem certas dificuldades por parte dos professores em ensinar conteúdos abstratos, assim como dos alunos para aprender. Uma disciplina que pode ser mencionada é a citologia, apontada como um conteúdo de grande importância pelos professores entrevistados. O docente acaba utilizando as mesmas estratégias, como passar uma animação que mostre o interior de uma célula, ou desenhar no quadro o formato das organelas. Adotando estratégias de ensino que diferem da tradicional, utilizando metodologias ativas, por exemplo, seria possível desenvolver melhor conteúdos como esse e outros, abordando-os de forma diferente e mais atrativa e proporcionando melhor aprendizagem.

Em todas as dimensões supracitadas percebemos uma tendência dos professores em reconhecer as visões construtivistas do ensino, isto é, assumir crenças didáticas associadas aos modelos espontaneísta e investigativo. No entanto, os professores ainda possuem uma tendência conservadora para avaliar os alunos.

Acreditamos que o conhecimento de tais modelos possa auxiliar o professor a desenvolver estratégias de ensino para melhorar a qualidade das aulas de biologia. Entender o perfil dos docentes pode facilitar a elaboração de projetos de formação continuada mais eficaz e com ênfase na dimensão avaliação.

Modelos são apenas indicadores, e são dinâmicos, porque na realidade, e como foi dito por Cunha (2016), esses modelos são aproximações e na prática do professor eles podem se misturar.

## REFERÊNCIAS

- AYRES PEREIRA, T.I.; MARCONDES, M.E. O modelo didático de professores de ciências e suas concepções de ensino e aprendizagem. **Enseñanza de las Ciencias**, v. Extra, p. 223-228, 2013.
- CUNHA, L. C. S. D. **Modelos Didáticos encontrados no fazer pedagógico de professores de Biologia: Representações Docentes**. 2016. 103 p. Dissertação (Mestrado em Ensino e Ciências Naturais e Matemática) — Universidade Federal de Sergipe.
- DURÉ, R. C.; ANDRADE, M. J. D. de; ABÍLIO, F. J. P. Ensino de Biologia e Contextualização do Conteúdo: Quais Temas o Aluno De Ensino Médio Relaciona com o seu Cotidiano? **Experiências em Ensino de Ciências**, João Pessoa – PB, v. 13, n. 01, 2018.

- GARCÍA PÉREZ, F.F. Los modelos didáticos como instrumento de análisis y de intervención em la realidad educativa. **Revista Electrónica de la Universidad de Barcelona**, Barcelona, n. 207, 2000. Disponível em: <<http://www.ub.es/geocrit/b3w-207.htm>> Acesso em: 24/09/2019.
- GARCÍA, J. E.; PORLÁN, R. Ensino de ciências e prática docente: uma teoria do conhecimento profissional. **Caderno Pedagógico**, Lajeado, n. 3, p. 7-42, 2000.
- HARRES, J. B. S. et al, A evolução das concepções de futuros professores sobre a natureza e as formas de conhecer as ideias dos alunos. In: Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 5, 2005, Bauru, **Atas**. Associação Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências 2005, p.1-12.
- HYGINO, C. B. **Reflexões na formação inicial de professores de Física: avaliação da eficácia do método de Estudos de Caso para promover capacidades necessárias à prática docente**. 2015. 256f. Tese (Doutorado em Ciências Naturais, Ensino de Ciências)- Programa de Pós Graduação em Ciências Naturais, UENF, Campos dos Goytacazes.
- HYGINO, C. B.; MARCELINO, V. de S.; LINHARES, M. P. Modelos didáticos presentes na formação de futuros professores de química e física da região norte do estado do Rio de Janeiro, Brasil: encontros e desencontros entre concepções e formação. **Revista electrónica de Investigación en Educación en Ciencias**, Campos, v. 8, n. 2, p. 49 – 58, Dez, 2013.
- HYGINO, C. B.; MOURA, S. A. de; LINHARES, M.P. Modelos didáticos na formação inicial de professores de física: uma apreciação na perspectiva da análise do discurso. **Ciência & Educação** (Bauru), v. 20, n. 01, p. 43 – 59, mar 2014.
- LEITE, Y.U.; MOREIRA, V. Perfil dos professores municipais do ensino fundamental de presidente prudente (ciclo I). **Nuances**, v.6, n.6, p.63-74, 2000.
- LOPES, J. G. da S. et al. Modelos Didáticos como estratégia para refletir sobre a formação de professores. In: **XI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – XI ENPEC**. Florianópolis: [s.n.], 2017.
- MOREIRA M. A, Org. **Aprendizagem significativa: a teoria e os textos complementares**. São Paulo: editora livraria da física; 2011.
- NASCIMENTO, A. G. **Análise do Conteúdo de Genética presente no ENEM nos anos de 1998 a 2019**. 2020. 55f. Monografia (Graduação em Licenciatura em Biologia)- Departamento de Biologia, PUC, Goiânia.
- PAIVA, M. R. F. *et al.* Metodologias ativas de Ensino-Aprendizagem: Revisão integrativa. **Sanare**, v. 15, n. 02, p. 145 – 153, jun/dez 2016.
- PEME-ANAREGA *et. al.* Crencias Explícitas e Implícitas, sobre la Ciencia y su Enseñanza y Aprendizaje, de una Profesora de Química Secundária. In **Enseñanza de las Ciencias**,. Número Extra. VII Congreso, 2005.

- PERINI, M.; ROSSINI, J. Aplicação de Modelos Didáticos no Ensino de Biologia Floral. **InterSciencePlace – International Scientific Journal**, v. 13, n. 3, p. 58 – 71, jul/Set 2018.
- PORLÁN, R.; A. RIVERO Y. & MARTÍN, R. Conocimiento profesional y epistemología de los profesores I: teoría, métodos e instrumentos. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 15, n. 2, p. 155-171, 1997.
- PORLÁN, R.; A. RIVERO Y. & MARTÍN, R. Conocimiento profesional y epistemología de los profesores, II: Estudios empíricos y conclusiones. **Enseñanza de las Ciencias**, Córdoba, v. 16, n. 2, p. 271-288, 1998
- PORLÁN, R.; RIVERO, A.; **El conocimiento de los profesores**, Díada: Sevilla, 1998.
- RODRIGUES JÚNIOR, E. MARQUES, F. IZO, F. DE OLIVEIRA, P. SOUZA, T. Análise de modelos didáticos de alunos em um curso especialização lato sensu em ensino de ciências. **Revista IFES Ciência**, v.5, n.2, 2019.
- SILVA, L. A. SOUZA, T.T; CARVALHO, C.V. (2019). **Categorização das temáticas de biologia no ENEM no período de 2012 a 2016**. Disponível em: <<http://abrapecnet.org.br/enpec/xii-enpec/anais/resumos/1/R1031-1.pdf>>. Acesso em 18 mai. 2021.
- SANTOS JUNIOR, J. B. (2009). **Colaboração Mediada como Ferramenta na Reestruturação do Sistema de Crenças Pedagógicas sobre Ensino e Aprendizagem do Professor de Química**. Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo, São Paulo. Biblioteca Digital da USP. Disponível em <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/81/81132/tde-14012010-161926/pt-br.php>>. Acesso em 24/09/2019.

## Contribuição ao estudo do equilíbrio de fases do ternário ácido salicílico/água/butanol nas temperaturas de 333K e 353K

*doi.org/10.35819/scientiatec.v9i1.4158*

**Larissa Reis da Silva**

Universidade Federal do Triângulo Mineiro (UFTM)  
(silva.larissareis@gmail.com)

**Daniela de Melo Guimarães**

Universidade Federal do Triângulo Mineiro (UFTM)  
(daniela.meloguimaraes@gmail.com)

**Sandra Cristina Dantas**

Universidade Federal do Triângulo Mineiro (UFTM)  
(sandraenq@gmail.com)

**Ricardo Francisco Pires**

Universidade Federal do Triângulo Mineiro (UFTM)  
(ricardo.pires@uftm.edu.br)

**Resumo:** A falta de dados de solubilidade dos mais variados solutos em solventes limita diversos estudos acadêmicos, bem como melhorias e projetos nas indústrias químicas. Tendo a importância do enriquecimento destes dados na literatura como norte, é que surge esse projeto com o objetivo de estudar o equilíbrio líquido-líquido do ternário ácido salicílico/butanol/água avaliando o efeito da temperatura em 333K e 353K e concentração do ácido no equilíbrio, compreendendo os limites do estudo deste equilíbrio até o ponto de ocorrência de uma reação química. Foram determinadas a curva binodal e linhas de amarração em ambas as temperaturas estudadas. Nos diagramas obtidos, se identificou um comportamento das curvas binodais correspondente a um diagrama ternário do tipo III. Notou-se um aumento da densidade e alteração de turbidez da mistura ternária no sistema na composição de 60% (massa/massa) de ácido em butanol que, por sua vez, são indícios da ocorrência da reação de esterificação para formação de ésteres salicílicos e, para melhor avaliação, determinou-se o espectro de infravermelho em ambas as fases deste sistema. Analisando o espectro de infravermelho tem-se o indício da formação de um éster salicílico. Em relação aos cálculos dos coeficientes de partição, pode-se inferir que a afinidade do ácido é maior pela fase rica em butanol. Concluiu-se que não é possível estudar o equilíbrio desta mistura ternária em altas concentrações de ácido e altas temperaturas, devido a ocorrência da reação de esterificação.

**Palavras-chave:** equilíbrio líquido-líquido; misturas de solventes; solubilidade.

### **Contribution to the study of the equilibrium of phases of the ternary salicylic acid/water/butanol at temperatures of 333K and 353K**

**Abstract:** The lack of solubility data of the most varied solutes in solvents limits several academic studies, as well as improvements and projects in chemical industries. The importance of the enrichment of these data in the literature is having as north, is that this project arises with the objective of studying the liquid-liquid equilibrium of the salicylic acid/butanol/water ternary evaluating the temperature's effect in 333K and 353K and acid concentration in the equilibrium, comprehending this equilibrium study's limits to the point of occurrence of a chemical reaction. The binodal curve and tie-lines were determined at both studied temperatures. In both diagrams the binodal curves corresponded to a type III ternary diagram. An increase in density and turbidity alteration of the ternary mixture is shown in the system of 60% (mass/mass) of acid in butanol that indicate the occurrence of the esterification reaction and form salicylic esters and, for a better evaluation, the infrared spectrum was determined in both phases of this system. By analyzing the infrared spectrum, we have the indication of the formation of a salicylic ester.

By the calculation of the distribution coefficient, it can be inferred that the acid affinity is higher by butanol-rich phase. It was concluded that it is not possible to study the equilibrium of this ternary mixture at high acid concentrations and high temperatures due to the occurrence of the esterification reaction.

**Keywords:** liquid-liquid equilibrium; solubility; solvents' mixture.

## INTRODUÇÃO

A cada dia, novos produtos surgem no mercado e outros começam a ser idealizados no intuito de solucionar problemas ou atender demandas. A Termodinâmica de Equilíbrio de Fases tem um papel importante neste contexto, não sendo poucas as exigências que recaem sobre ela. “O conhecimento de equilíbrio de fases é fundamental para o projeto e a operação de sistemas de separação e purificação de produtos” (PEREIRA; AZNAR, 2001, p.1).

Pode-se citar a importância também em projetos de equipamentos industriais de separação como colunas, extratores, evaporadores e absorvedores nos quais é fundamental o estudo de solubilidade de compostos químicos em água. Ran et al. (2002) citam a importância da solubilidade aquosa de compostos orgânicos para diversos ramos de indústria como as farmacêuticas, químicas, alimentícias e ambientais. Corroborando com a idéia, em unidades de processo de extração, por exemplo, visando desenvolvimento de novos equipamentos, controle ou otimização dos mesmos, “o conhecimento do comportamento termodinâmico da mistura é ideal” , p.2).

A falta de dados experimentais de solubilidade dos mais variados solutos em solventes limita estudos de desenvolvimento de modelos preditivos como mencionam Bernardes et al (2004). Ademais, dados do equilíbrio de fases dos componentes envolvidos em um processo, supre informações essenciais para o estudo e desenvolvimento deste. Conforme Malagoni; Júnior (2006), a qualidade dos dados experimentais utilizados em projetos de equipamentos industriais está diretamente interligada com a precisão obtida nos parâmetros de equações e demais projetos subsequentes.

Diante da lacuna entre dados de equilíbrio e solubilidade existentes, o longo tempo para obtê-los e a grande importância na indústria química em processos de separação fidedignos à Engenharia Química, surge a motivação deste trabalho cujo objetivo principal foi contribuir positivamente ao estudo do equilíbrio Líquido-Líquido do

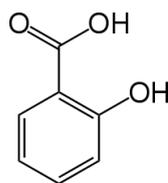
ternário não ideal ácido salicílico/butanol/água e como objetivos específicos avaliou-se o efeito da temperatura e concentração do ácido no equilíbrio, calcularam-se também os coeficientes de partição para avaliar a afinidade do ácido entre os componentes compreendendo os limites do estudo deste equilíbrio até a formação de um novo composto por meio de reação de esterificação.

## REFERENCIAL TEÓRICO

### Ácido salicílico

O ácido salicílico é um sólido cristalino, incolor a branco, com um pH aproximado de 2,4 (solução aquosa 2g/100mL), levemente solúvel em água (2g/mL a 293K). Na Figura 1 é apresentada a fórmula estrutural do ácido salicílico.

**Figura 1.** Ácido salicílico



Fonte: 3Dchem, 2014.

Este ácido possui propriedades queratoplásticas, ou seja, intensifica a queratinização dos epitélios, sendo assim é altamente utilizado para tratamento de caspas, dermatite e acnes. Ele também possui propriedades bacteriostáticas e fungicidas.

“O ácido salicílico foi isolado pela primeira vez no século XIX da casca do salgueiro” (LOPES, 2011, p. 7), sendo possível também ser obtido através da biossintetização do amino ácido fenilalanina. Algumas substâncias importantes como o ácido acetilsalicílico (princípio ativo da Aspirina®), são provenientes de reações através do ácido salicílico.

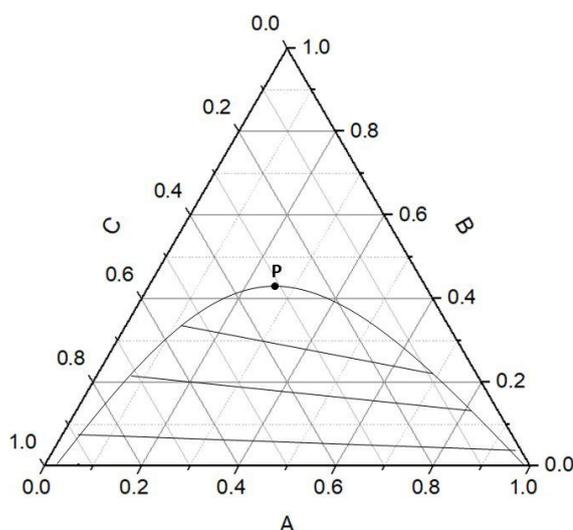
### Equilíbrio líquido-líquido

O equilíbrio líquido-líquido é caracterizado por duas fases líquidas parcialmente

miscíveis que ocorrem pela diminuição da energia de Gibbs total do sistema. São comumente representados em coordenadas triangulares, diagramas ternários, em que é possível identificar a interação entre três componentes que são interpretados pela sua curva binodal e linhas de amarração.

Na Figura 2 está representado um exemplo de sistema ternário dos componentes A, B e C em temperatura e pressão constantes na qual os componentes A e C são parcialmente miscíveis entre si.

**Figura 2.** Diagrama ternário do tipo I.

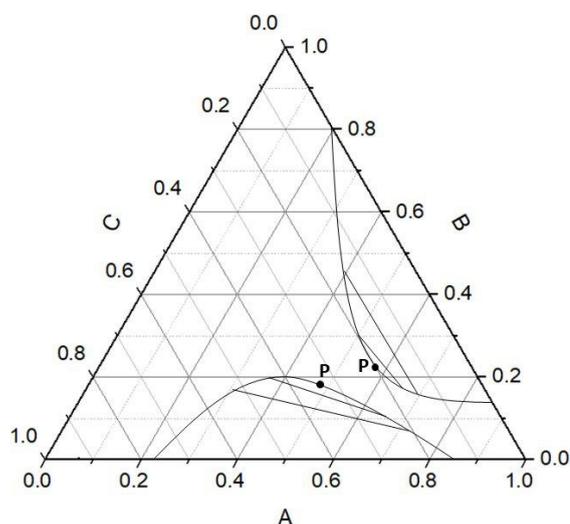


Fonte: Adaptado de Sandler, 2006.

A curva binodal é a curva que separa a região de uma e duas fases de um sistema (KORETSKY, 2012, p. 358). As retas internas à curva binodal representam as linhas de amarração ou *tie-lines* que caracterizam duas fases em equilíbrio. O ponto crítico P é uma linha de amarração em que a composição de ambas as fases em equilíbrio é igual.

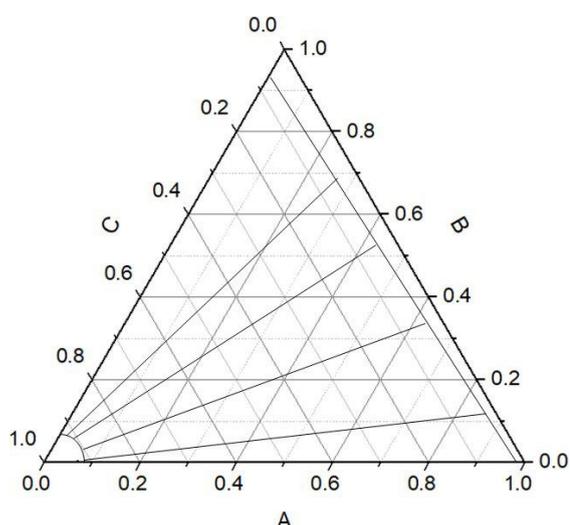
Existem três principais tipos de curvas binodais, geralmente caracterizados pelo número de pares miscíveis que a constituem. São eles: tipo I – um par parcialmente miscível (Figura 2); tipo II – dois pares parcialmente miscíveis (Figura 3) e tipo III – três pares parcialmente (Figura 4).

**Figura 3.** Diagrama ternário do tipo II



Fonte: Adaptado de Sandler, 2006.

**Figura 4.** Diagrama ternário do tipo III



Fonte: Adaptado de Sandler, 2006.

### Coeficiente de partição

De acordo com Sandler (2006), quando um gás, líquido ou sólido é adicionado a dois solventes parcialmente miscíveis ou completamente imiscíveis, este irá dependendo da quantidade de soluto presente, partir-se ou dissolver-se desigualmente entre duas fases líquidas.

Assim sendo, o coeficiente de partição de um soluto entre duas fases líquidas coexistentes em dados experimentais pode ser usualmente calculado pela divisão da concentração do soluto nas duas fases como mostra a Equação 1:

$$K = \frac{C_{s,I}}{C_{s,II}} \quad (1)$$

sendo  $K$  o coeficiente de partição,  $C_{s,I}$  a concentração do soluto na fase I (orgânica) e  $C_{s,II}$  a concentração do soluto na fase II (aquosa).

Em posse dos valores de  $K$  pode-se avaliar que:

- se  $K > 1$ , há maior afinidade do soluto pela fase rica em orgânico;
- se  $K < 1$ , há maior afinidade do soluto pela fase rica em água;
- se  $K = 1$ , há afinidade por ambas as partes.

## METODOLOGIA

A construção da curva binodal foi realizada em duas etapas: uma etapa rica em butanol e outra rica em água, nas temperaturas de 333K e 353K. Primeiramente, conectou-se a célula de equilíbrio ao banho termostático regulado na temperatura desejada. Após atingir esta temperatura, seguiram-se dois caminhos distintos para a fase rica em butanol e a fase rica em água.

Para iniciar a fase rica em butanol, o ácido fora solubilizado neste em diversas concentrações, mantendo-se a mistura em agitação constante. Para atingir o equilíbrio, caracterizado pela aparição de coloração leitosa ao sistema, acrescentou-se uma massa conhecida de água até notar-se a mudança na turbidez da solução. Dessa forma, obteve-se um dos pontos da curva binodal. Para demais pontos, adicionou-se butanol para tornar a mistura novamente homogênea (sem coloração) e, em seguida, iniciou-se novamente o processo da adição de água até que a mistura se tornasse leitosa. O processo foi repetido até atingir-se a máxima concentração de ácido no sistema.

Para a fase rica em água, por sua vez, foi realizado o mesmo procedimento. Mantendo-se a agitação constante, solubilizou-se ácido em água e posteriormente foi adicionado butanol à solução com a finalidade de se obter coloração turva. Em seguida fora adicionada uma quantidade de água para o reaparecimento do coloração não turva. É importante ressaltar que todas as quantidades adicionadas de água e ácido foram avaliadas em massa e determinadas de acordo com a temperatura do experimento.

Com a finalidade de construir a linha de amarração foram utilizadas soluções de concentração de 10, 15, 25, 40 e 50% (massa/massa) de ácido em butanol, adicionando a mesma quantidade de água na temperatura de 333K e 353K.

A mistura permaneceu em agitação durante 40 minutos e, após este período, ficou em repouso por 3 horas. Passado esse tempo, foram retiradas alíquotas de 4 mL da parte inferior e superior da célula e realizou-se a titulação com NaOH (0,1 mol/L). O procedimento foi realizado em duplicata. Do valor encontrado da concentração de ácido na solução, foram calculados os pontos das linhas de amarração, que posteriormente foram utilizados para o cálculo dos coeficientes de partição.

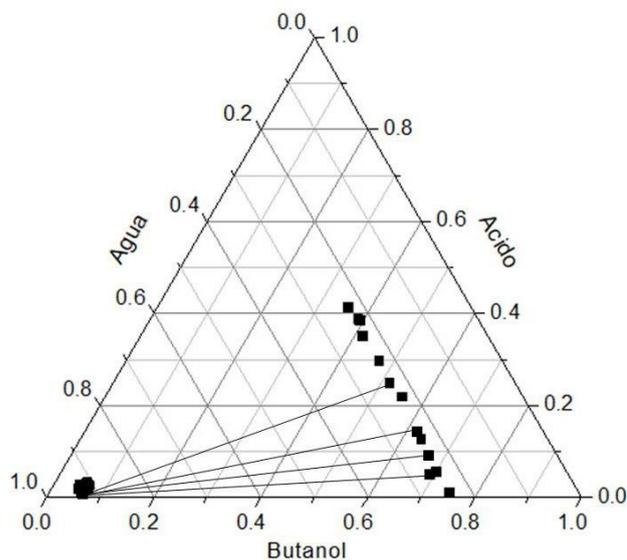
Devido a um indício de reação química que ocorrera na temperatura de 353K, necessitou-se uma melhor análise para compreensão do fenômeno que ali aconteceu. Para analisar a composição da mistura ternária, utilizou-se a técnica de espectroscopia de infravermelho. Uma mistura com 60% de ácido em butanol com posterior adição de água foi preparada da mesma maneira que nos experimentos de linha de amarração. Em seguida, procedeu-se à separação das fases formadas, assim como o processo de decantação descrito acima. A amostragem das fases fora realizada por meio de seringa e essas amostras foram analisadas no espectrômetro de infravermelho (marca BRUKER modelo ALPHA).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Diagrama Ternário

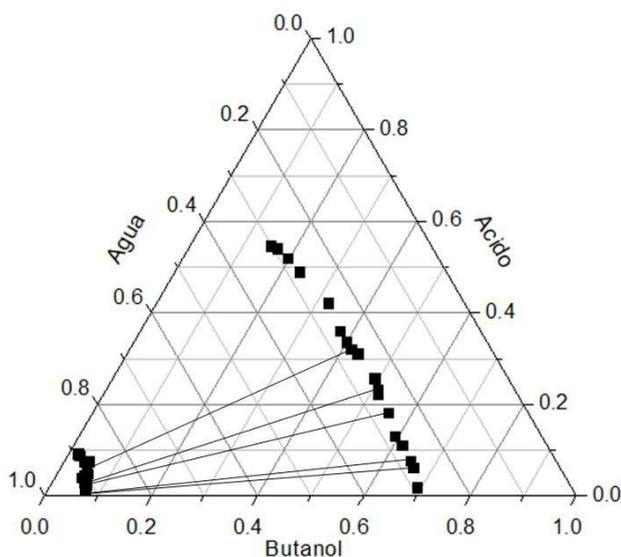
Para o estudo inicial do equilíbrio líquido-líquido do sistema ternário de ácido salicílico, butanol e água, foram construídos os diagramas ternários de acordo com o método apresentado de construção da curva binodal e das linhas de amarração. Estes diagramas estão representados nas Figuras 5 e 6 para a temperatura de 333K e 353K respectivamente.

**Figura 5.** Diagrama ternário a 333K



Fonte: Dos autores, 2019.

**Figura 6.** Diagrama ternário a 353K



Fonte: Dos autores, 2019.

Em ambos os diagramas foi identificado um comportamento das curvas binodais correspondente a um diagrama ternário do tipo III (como exemplificado na Figura 4). Dessa forma, essa mistura ternária contém três pares parcialmente miscíveis. Este mesmo padrão de diagrama para um sistema semelhante foi observado por ZHU et al. (2012).

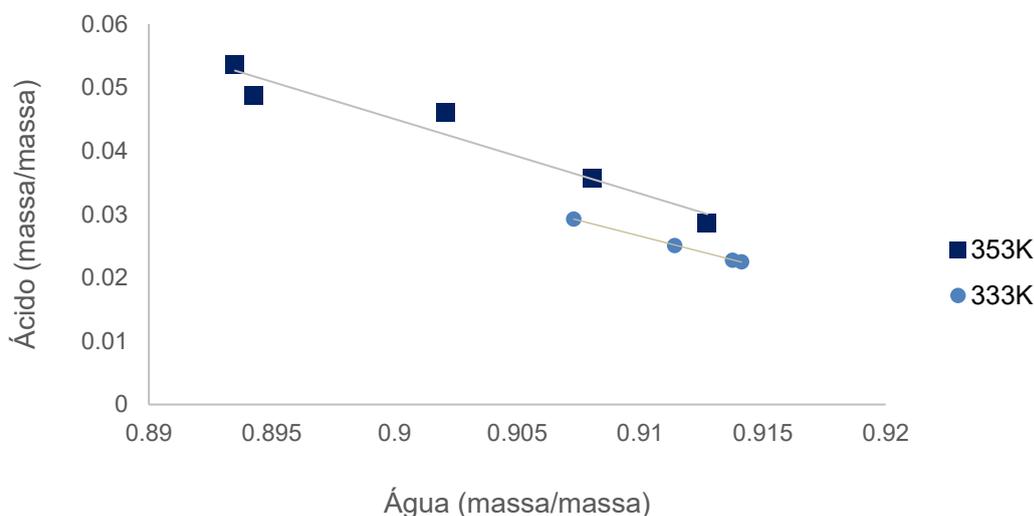
Pode-se notar pelas Figuras 5 e 6 que a curva binodal não foi possível de ser concluída. Este fato ocorreu devido a limitação da reação química de esterificação do

ácido salicílico que foi distinta em cada temperatura: para 333K em aproximadamente 45% de ácido e para 353K, por volta de 60%.

## Solubilidade

Para avaliar a influência da água na solubilidade da mistura, selecionou-se os dados de fração mássica de butanol constante para plotar a fração mássica do ácido com a fração mássica da água. Dessa forma, obteve-se o gráfico apresentado na Figura 7 para as duas temperaturas estudadas.

**Figura 7.** Influência da água na solubilidade a 333K e 353K.



**Fonte:** Dos autores, 2019.

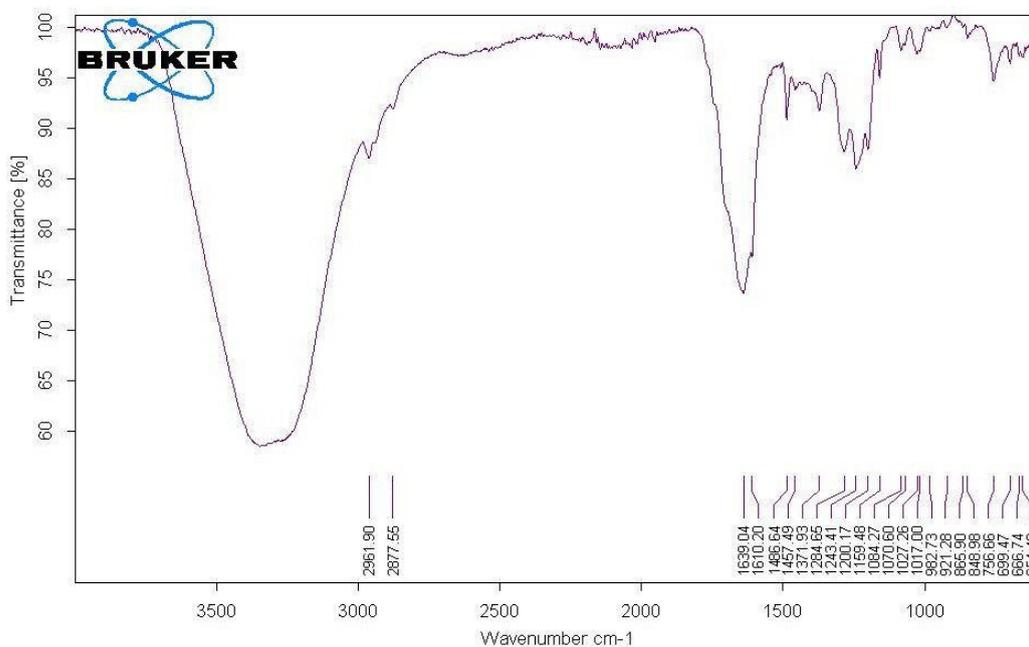
Em ambas as temperaturas pode-se notar um comportamento semelhante. À medida que se aumenta a fração de ácido no sistema, uma menor quantidade de água é requerida para alcançar o equilíbrio, comportamento análogo ao observado por Coelho (2018) trabalhando com ácido salicílico. Ainda trabalhando com um sistema similar, empregando ácido acético, Silva et al. (2017) observaram o mesmo comportamento. Esse comportamento é evidenciado para os dados com uma baixa concentração de ácido, que foram os dados obtidos para a curva binodal do diagrama ternário

Em altas concentrações de ácido, notou-se um aumento da densidade da

mistura ternária e uma leve turbidez em uma das fases (verificado nos experimentos da linha de amarração) que são indícios da ocorrência da reação de esterificação para formação de ésteres salicílicos. Os resultados sugerem que uma concentração alta de ácido e butanol em temperaturas elevadas seria uma condição que possibilita a ocorrência desta reação. Tal fato explicaria, por exemplo, a diferença de comportamento para concentrações acima de 50% de ácido em butanol, impossibilitando estudar os pontos do equilíbrio na curva binodal nessas condições.

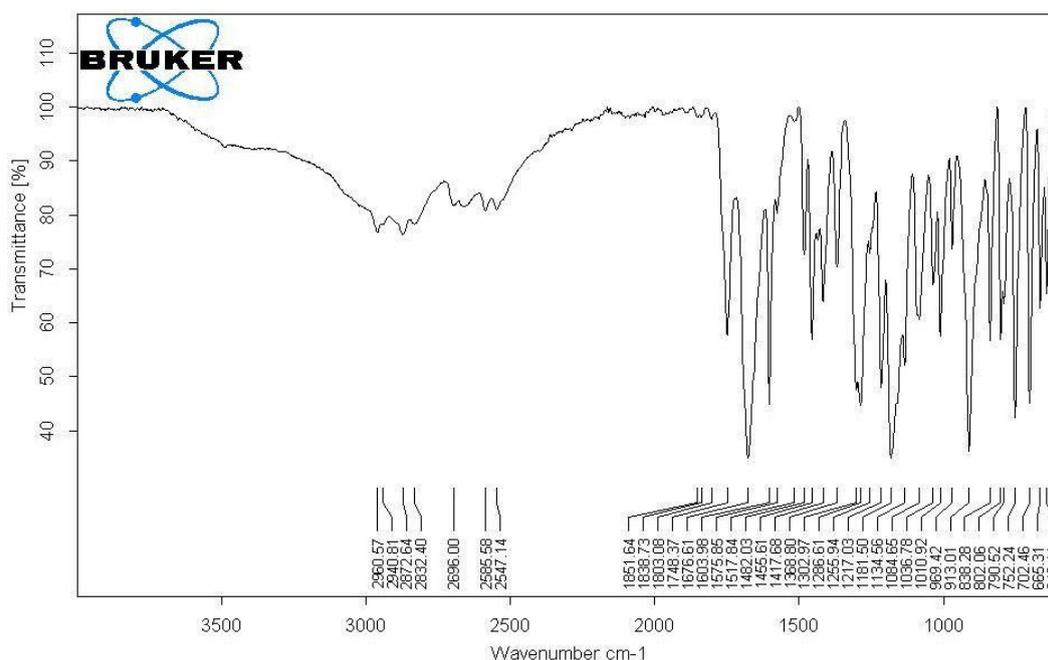
Para verificar uma possível formação de um éster salicílico, foi realizado uma análise por infravermelho do teste de 60% de butanol na temperatura de 353K, onde foram obtidas duas fases. As fases superior e inferior foram coletadas com auxílio de uma seringa e, após análise, obteve-se os espectros das Figuras 8 e 9.

Figura 8. Espectro da fase superior



Fonte: Dos autores, 2019

Figura 9. Espectro da fase inferior



Fonte: Dos autores, 2019.

De acordo com Pavia (2009), as bandas entre  $2961$  e  $2877\text{ cm}^{-1}$ , presentes no espectro da Figura 9, representam o grupo O-H, que indica a presença do butanol na mistura que era esperado visto que a fase superior é rica do composto menos denso.

Na Figura 10 pode-se notar picos fortes na banda de aproximadamente  $1750\text{ cm}^{-1}$  que, também, segundo Pavia (2009), representa o grupo C=O e picos na banda entre  $1300$  e  $1000\text{ cm}^{-1}$  respectivo ao grupo C-O presente em ésteres, confirmando o indício da formação de um éster salicílico através da reação de esterificação. Acredita-se que é referente ao salicilato de butila, pelas substâncias presentes, sabendo que o espectro dos ésteres salicílicos é semelhante.

### Coeficiente de Partição

Em adição, calculou-se o coeficiente de partição de acordo com a Equação 1. Seus valores estão representados na Tabela 1.

**Tabela 1.** Coeficiente de partição

Temperatura (K)	Ácido/butanol (%)	Ácido (%)	Coeficiente de Partição	Desvio Padrão
333	10	5	11,283	0,143
	15	8	13,166	0,518
	25	14	8,340	0,796
	40	25	13,220	0,275
	50	-	-	-
353	10	5	5,547	0,420
	15	8	3,031	0,555
	25	14	3,263	0,160
	40	25	6,841	0,034
	50	33	5,145	0,044

Fonte: Dos autores, 2019.

De acordo com os cálculos realizados verifica-se que os valores obtidos para o coeficiente de partição são significativamente maiores do que 1, sendo assim infere-se que a afinidade do ácido é maior pela fase orgânica (neste experimento representado pela fase rica em butanol). Tal fato é condizente com o encontrado na Figura 7 que relata que o comportamento do ácido com a água é inversamente proporcional, evidenciado pela reta decrescente, ou seja, ao passo que se eleva a fração mássica de ácido salicílico no sistema, uma menor quantidade de água é demandada no equilíbrio.

Analisando, também, pelo quesito da polaridade no qual as moléculas tendem a serem atraídas pelas de mesma polaridade, pode-se dizer que este comportamento era esperado. O ácido e butanol podem ser considerados apolares devido a suas longas cadeias aromáticas e a água, por sua vez, é composto polar na mistura ternária o que gera por princípio a maior afinidade dos apolares (ácido e butanol).

## CONCLUSÕES

Os dados obtidos serviram para enriquecer a literatura frente a processos industriais que necessitam conhecimento de dados de solubilidade e comportamento dos componentes na mistura ternária em questão.

Através desse trabalho foi possível compreender o comportamento da

solubilidade do ácido salicílico em equilíbrio com um solvente orgânico (butanol) e água em diversas concentrações.

Os resultados corroboram com a literatura (COELHO, 2018) no sentido de a solubilidade do ácido ter aumentado com o incremento da temperatura.

Observa-se também pelos resultados que não é possível estudar o equilíbrio desta mistura ternária em altas concentrações de ácido a altas temperaturas, devido a possível ocorrência da reação de esterificação. Tal fato pôde ser comprovado pelo teste do infravermelho realizado, com a possível formação de esteres salicílicos..

Pelo coeficiente de partição foi possível concluir a afinidade do ácido salicílico pela fase rica no composto orgânico, que neste estudo foi representado pelo butanol.

## REFERÊNCIAS

- BERNARDES, E. A.; BRUNETTO, R. S.; FRANCO JÚNIOR, M. R. **Coeficientes de atividades a diluição infinita aplicados ao estudo da poluição aquática.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA QUÍMICA, 15º, 2004, Curitiba. *Anais do XV COBEQ* Curitiba: UFPR, 2004. p. 1-8.
- COELHO, I. L. **Estudo da solubilidade do ácido salicílico em misturas de solventes em função da temperatura.** In: *JORNADA INTEGRADA DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO 4*, Uberaba, 2018.
- HACKBART, L. M.; JÚNIOR, L. F. L. L. **Equilíbrio líquido-líquido de sistemas contendo fenol/água-solvente: obtenção e modelagem termodinâmica.** 2007. 120 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Processos Químicos e Térmicos) - Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2007.
- KORETSKY, M. D. **Termodinâmica para engenharia química.** Rio de Janeiro (RJ): LTC, 2012. 502 p., il. Inclui índice. ISBN 9788521615309 (broch.).
- LOPES, R. **Aspirina: aspectos culturais, históricos e científicos.** 2011. 47 f. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade de Brasília, Brasília, 2011.
- MALAGONI, R. A.; JÚNIOR, M. R. F. **Determinação Experimental da Solubilidade de Orgânicos em Água** 2006. 121 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Faculdade de Engenharia Química, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2006.
- PAVIA, D.L et al. **Química Orgânica Experimental: Técnicas em escala pequena;** Porto Alegre; Ed. Bookman; 2a Edição, 2009; 738-769.

- PEREIRA, M. A. P.; AZNAR, M. **Equilíbrio Líquido-Líquido em Sistemas Aquosos Eletrolíticos com Álcoois Secundário e Terciário** 2001. 130 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Faculdade de Engenharia Química, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2001.
- RAN, Y.; HE, Y.; YANG, G.; JOHNSON, J. L. H.; YALKOWSKY, S. H. **Estimation of aqueous solubility of organic compounds by using the general solubility equation.** *Chemosphere*, v. 48, p. 487-509, 2002.
- SANDLER, S. I. **Chemical, biochemical, and engineering thermodynamics.** 4th ed. Hoboken: J. Wiley, c2006. xiv, 945 p.
- SILVA, V.Q. et al. **Determinação de dados de equilíbrio líquido - líquido e volume molar das misturas envolvendo água, ácido acético, butanol, acetato de etila e etanol.** In: Anais do VI Seminário de Iniciação Científica do IFNMG. Anais Almenara(MG) IFNMG - Campus Almenara, 2017. Disponível em: <<https://www.even3.com.br/anais/sic/45738-DETERMINACAO-DE-DADOS-DE-EQUILIBRIO-LIQUIDO---LIQUIDO-E-VOLUME-MOLAR-DAS-MISTURAS-ENVOLVENDO-AGUA-ACIDO-ACETICO->>. Acesso em: 28/04/2021 17:26
- ZHU, Z., LIU, Y., WANG, Y. **Liquid-liquid equilibrium for the ternary system of 1-butanol+3-methyl-1-butanol+water at different temperatures.** *Fluid Phase Equilibria*, 335, 14–19, 2012. doi:10.1016/j.fluid.2012.08.012.