

# ENSINO DE CIÊNCIA DE MATERIAIS PARA ENGENHEIROS NO CURRÍCULO INTEGRADO-UMA EXPERIÊNCIA DE TRANSIÇÃO VÍTREA

## Metodologias e avaliação do ensino-aprendizagem:

### 1 INTRODUÇÃO

O ensino por competências vem sendo amplamente discutido na última década ganhando espaço para sua aplicação nos últimos anos. A velocidade de aplicação dos currículos é uma grande preocupação no meio acadêmico, uma vez que a atual geração de professores não foi formada em tal modelo. Além de tal preocupação ainda há segundo Ricardo (2010), os aspectos da personalidade dos trabalhadores, como responsabilidade, iniciativa, comunicação, empreendedorismo, sendo enfatizados na formação em detrimento de qualificações técnicas, uma vez que estas sobrevivem à automatização e parecem responder melhor às crises. Tal aspecto pode trazer problemas a formação dos trabalhadores no futuro.

Enquanto gestores educacionais se envolvem na pergunta "Porque mudar o currículo?", docentes se envolvem na pergunta "Como fazer o currículo acontecer?". Todas as perguntas sempre aliadas a preocupação com a manutenção da qualidade de formação do profissional e levando em conta que não se trata de mera experimentação mas sim de mudanças necessárias ao modelo educacional atual.

Nesse contexto, o ensino de ciência de materiais para turmas multiengenharia trás em si grande desafio no que diz respeito ao interesse dos estudantes. Conceitos fundantes como a transição de fase dos materiais pode ser necessário priorizar numa abordagem mais profunda nos cursos de Engenharia Química, Civil ou Mecânica dada a demanda do estudo de comportamento dos materiais em projetos. Para cursos como o de Produção ou Engenharia da Computação, por exemplo, há demandas por uma abordagem mais superficial, uma vez que até a contextualização para os professores se torna difícil, dada as demandas reais do mundo profissional dessas áreas. A pluralidade de interesses em turmas mistas faz com que o docente necessite elaborar experiências de aprendizagem com significado para cada área em particular.

Somado a demanda de aulas, há uma relação do discente com os processos avaliativos, que culturalmente são massivos e com grande relação emocional negativa, geralmente o ponto de conflito das relações de ensino aprendizagem. Com o período de pandemia da Covid 19, que levou os estudantes a participar de aulas obrigatoriamente virtuais, as avaliações ganharam grande destaque nas discussões sobre o aprender. De forma on-line, sem a vigilância estabelecida nos processos convencionais, as provas ganharam as rodas de conversa entre os estudantes e a necessidade dos professores repensarem a forma de avaliar não só conteúdos, mas também as competências necessárias na formação do estudante para o mundo do trabalho.

Assim, o presente trabalho propõe uma experiência de aprendizagem com avaliação final para o estudo de transição vítreia comparativo a dois modelos de ensino: um no modelo teórico em aula expositiva dialogada com a presencialidade da turma, outro no modelo remoto com aula prática realizada pelos estudantes em suas próprias cozinhas.

## 2 DESENVOLVIMENTO

Foram realizadas aulas em diferentes momentos na aplicação do currículo por competência em uma Unidade Curricular (antiga disciplina) de Centro Universitário na cidade de Belo Horizonte. Os momentos foram: um semestre no período da pandemia como teste inicial da prática, em segundo momento ainda na pandemia como repercussão positiva do primeiro teste, e no retorno a presencialidade comparando diferentes modelos em duas turmas diferentes uma presencial e outra no modelo híbrido de forma remota.

Foi introduzido o tema de transição vítrea e sua importância no estudo de materiais e aplicada prática pelo aluno com material de suas residências para análise e comparação posterior. Foi aplicado questionário como meio de avaliação de aprendizagem com pré teste e pós teste.

## 3 O TEMA TRANSIÇÃO DE FASES

No estudo de engenharia alguns materiais não possuem a estrutura repetitiva cristalina. Os sólidos não cristalinos ou imperfeitos são amorfos e tem grande importância na evolução da ciência de materiais, segundo Shakelford (2008).

A transição vítrea também conhecida como "transition glass" ( $T_g$ ) é um importante efeito térmico que pode ser utilizado para a caracterização de polímeros e outros materiais amorfos ou semicristalinos, incluindo os da indústria de alimentos onde os componentes nos materiais alimentícios apresentam efeitos similares aos de polímeros. A  $T_g$  é a propriedade do material onde podemos obter a temperatura da passagem do estado vítreo para um estado "maleável", devido a relaxação estrutural. A parte amorfa do material (parte onde as cadeias moleculares estão desordenadas) é a responsável pela caracterização da temperatura de transição vítrea. (ALVES et al, 2001).

Segundo Spada (2014), para o estudo de biofilmes de amido o estudo da transição vítrea revela a movimentação molecular de cadeias no material que auxiliam muito na compreensão e aplicação destes. Ainda segundo Souza (2004) o tema transição vítrea vem sendo abordado com variações desde os anos 30 e apesar de sua importância no estudo de sólidos e seus comportamentos o tema pouco é abordado no ensino médio, o que impacta diretamente o estudante do ensino superior que trata a informação como uma novidade no estudo de materiais.

### 3.1 Aula expositiva presencial

Para a aula expositiva foi utilizada uma apresentação com a utilização de slides relacionando os conceitos sobre materiais amorfos e transição vítrea. Antes de iniciar a explanação do tema foi realizado um pré teste com a pergunta a seguir:

- "O que você entende por material cristalino e cristalinidade? (escreva com suas palavras sem consultar material ou colega)."

A partir do pré teste foi possível iniciar a explicação dos conceitos, utilizando como visão prática uma apresentação de vídeo da plataforma TikTok, afim de demonstrar a transição de fase ocorrida na cocção de um biscoito com bala de gelatina.

Figura 1: a) Capa de entrada do filme do TikTok, canal @chefclub. b) Exemplo de biscoitos realizados em semestres anteriores.



a)



b)

O vídeo com duração menor que 60 segundos teve o objetivo de apresentar para os estudantes como seria a prática realizada e a imagem da Figura 1. (b) teve como demonstrar um caso real realizado por estudantes. Foi discutido quais dificuldades poderiam ter ocorrido no processo tais como: tempo de forno, falta do controle de temperatura, variações de composição da receita e controle do escoamento do líquido formado no processo.

A explanação foi realizada num tempo total de 50 minutos entre apresentação, dúvidas dos estudantes e curiosidades diversas relacionadas ao estudo da transição vítrea em alimentos.

Como explicação para o fenômeno foi apresentado que os alimentos sofrem com mais frequência a  $T_g$ . O estado gomoso da bala é semelhante à borracha no estudo de polímeros, apesar de não possuir o mesmo comportamento químico. A composição do alimento interfere no valor de  $T_g$  principalmente o teor de água, que funciona como um plastificante de alimentos e diminui o seu valor. O estado vítreo é o estado amorfo onde a viscosidade é tão elevada que impede a cristalização do açúcar. Na bala os ingredientes principais são glicose, água e gelatina (composto de colágeno).

Ao elevar a temperatura da bala no forno, é percebida a perda de água e seu amolecimento (líquido viscoso). Ao resfriar (lenta ou rapidamente) observa-se a passagem do estado de líquido viscoso para uma fase sólida. O estado vítreo (desordem molecular) é percebido quanto mais transparente for seu material final. Nos polímeros quanto mais cristalino for o arranjo molecular mais opaco será seu material.

Após realização da aula os estudantes realizaram o pós teste com perguntas sobre os conceitos de transição vítrea e cristalinidade para avaliação da aprendizagem a partir da aula expositiva e explicação apresentada.

### 3.2 Aula prática remota síncrona

Para a realização da aula prática foi utilizada a plataforma Zoom onde os estudantes previamente se organizaram para participar da aula de suas residências utilizando o espaço da cozinha.

Apresentação expositiva foi realizada utilizando os mesmos slides de aula daquela realizada de forma presencial para comparação da aprendizagem em diferentes formatos por 50 minutos. A partir de então foi realizada a prática com os alunos utilizando a receita de biscoito conforme a seguir:

*"Siga rigorosamente as medidas indicadas.*

*Utensílios de cozinha :*

*3 colheres de sopa*

*1 vasilha para misturar a massa*

*papel manteiga para cobrir a forma,*

*1 forma para assar,*

*forno pré-aquecido a 180°C,*

*1 rolo de massa ou uma garrafa fechada com água para abrir a massa.*

*Cortadores ou copos para cortar a massa.*

*Ingredientes:*

*10 colheres de sopa de farinha de trigo*

*4 colheres de sopa de manteiga*

*1 ovo*

*5 colheres de sopa de açúcar*

*Ursinhos de gelatina sem açúcar*

*Modo de preparo:*

*Misture todos os ingredientes até obter uma massa homogênea. Se julgar necessário amassar com as mãos. Não misture por muito tempo pois a manteiga influenciará no resultado se derreter.*

*Abra massa.*

*Corte as bolachas deixando um círculo vazio no meio.*

*Transfira com cuidado para a assadeira coberta por papel manteiga.*

*Coloque dois ursinhos de gelatina no centro de cada bolacha.*

*Asse por 15 minutos.*

*Retire do forno e deixe esfriar. "*

Os estudantes realizaram a prática e em seguida responderam ao questionário de pós teste com perguntas sobre os conceitos de transição vítrea e cristalinidade para avaliação da aprendizagem a partir da aula prática executada em suas residências.

### 3.3 Avaliação dos estudantes

A avaliação dos estudantes se deu por meio de formulário do Google Forms com perguntas na forma discursiva, além de pergunta de resposta única com Verdadeiro ou Falso sobre o tema de transição vítrea. Os estudantes ainda foram perguntados sobre a percepção da aula que tiveram com possibilidade de resposta em três níveis, sendo eles: difícil, interessante, legal.

Entre as perguntas de percepção dos estudantes os mesmos tiveram que escolher entre qual modo de aula escolheria para aprender o conceito, com as opção de resposta:

- Aquela que o professor faz uma prática de laboratório e o estudante executa esse conceito.
- Aquela que o professor explica a informação e depois resolve a questão de exercício.

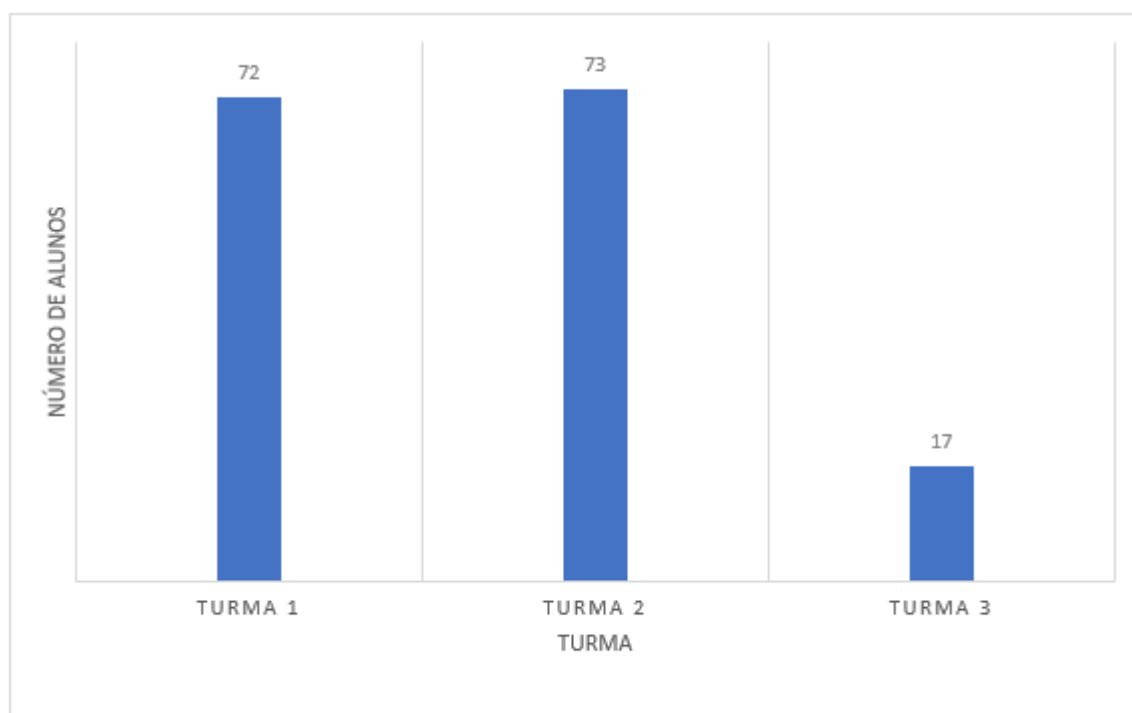
As perguntas foram realizadas fazendo ainda uma comparação com a experiência anterior do estudante quanto a formação se técnico na área de engenharia e se já possuía curso superior completo.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Caracterização das turmas

A distribuição do número de alunos participantes da aula por turma é apresentada na figura 2. Os alunos das turmas 1 e 2 estão matriculados na Unidade Curricular Comportamento Químico e Mecânico dos Materiais (UCCQMM) com aulas híbridas com 6 horas/aulas semanais em 2 dias da semana, a turma 3 os alunos estão matriculados na Disciplina Estudos Integrados em Fenômenos Químicos Avançados (EIFQA) com aulas totalmente remotas com 6 horas/ aula semanais aos sábados de manhã. As turmas 1 e 2 são compostas por alunos regulares, ou seja, estão vendo o conteúdo pela primeira vez. A turma 3 é uma turma composta por alunos irregulares, na sua maioria formandos, que já estudaram o conceito em algum momento do curso.

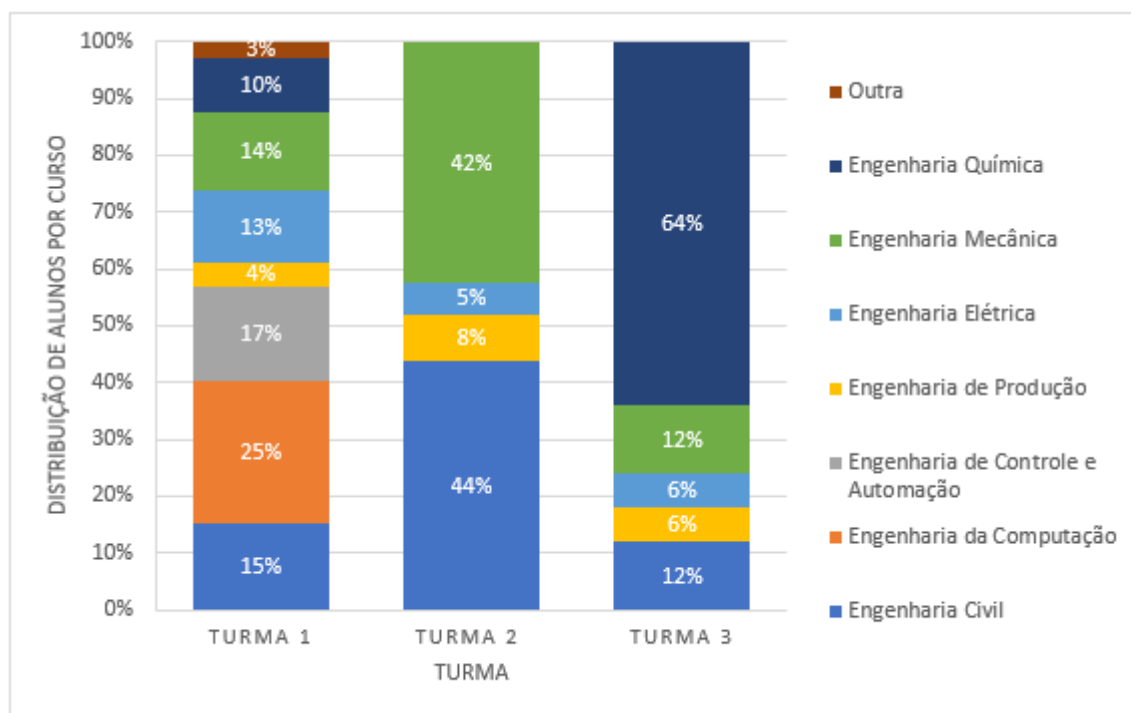
Figura 2 : Distribuição do número de alunos participantes da aula por turma



As turmas de UCCQMM são turmas mistas tanto em período quanto em composição por curso, mas todos os alunos pertencem a um mesmo campus e ao currículo integrado do Grupo Ânima. A turma de EIFQA também é uma turma mista tanto em período quanto em curso. Porém, os alunos pertencem a campi diferentes. A turma de EIFQA é composta por alunos de São Paulo, Santa Catarina e Minas Gerais, distribuídos em 4 campi. Trata-se de uma turma mais heterogênea, quanto a regionalização da aplicação dos conteúdos.

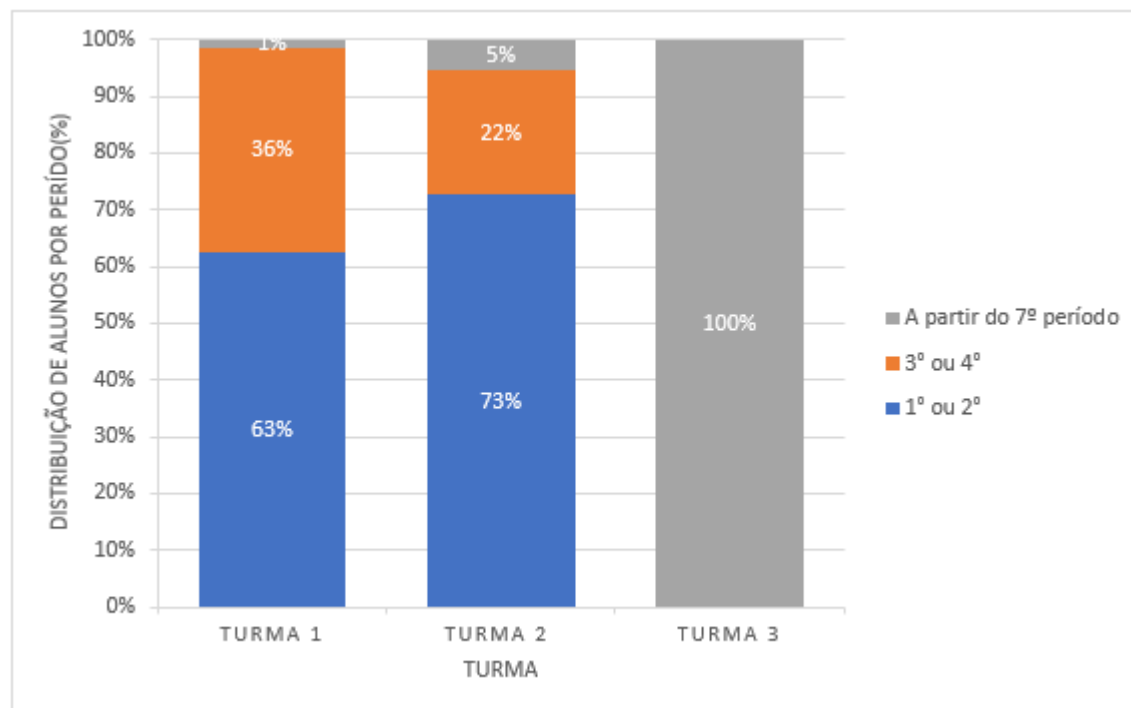
As porcentagens de alunos por curso e por períodos são mostradas nas figuras 3 e 4.

Figura 3: Distribuição de alunos por curso



A heterogeneidade de cursos presentes em sala de aula deve-se ao fato da oferta dos mesmos no campus no qual o aluno está matriculado. No campus da Turma 2, por exemplo, não há o curso de química, por este motivo o curso não aparece nesta turma.

Figura 4: Distribuição de alunos por período

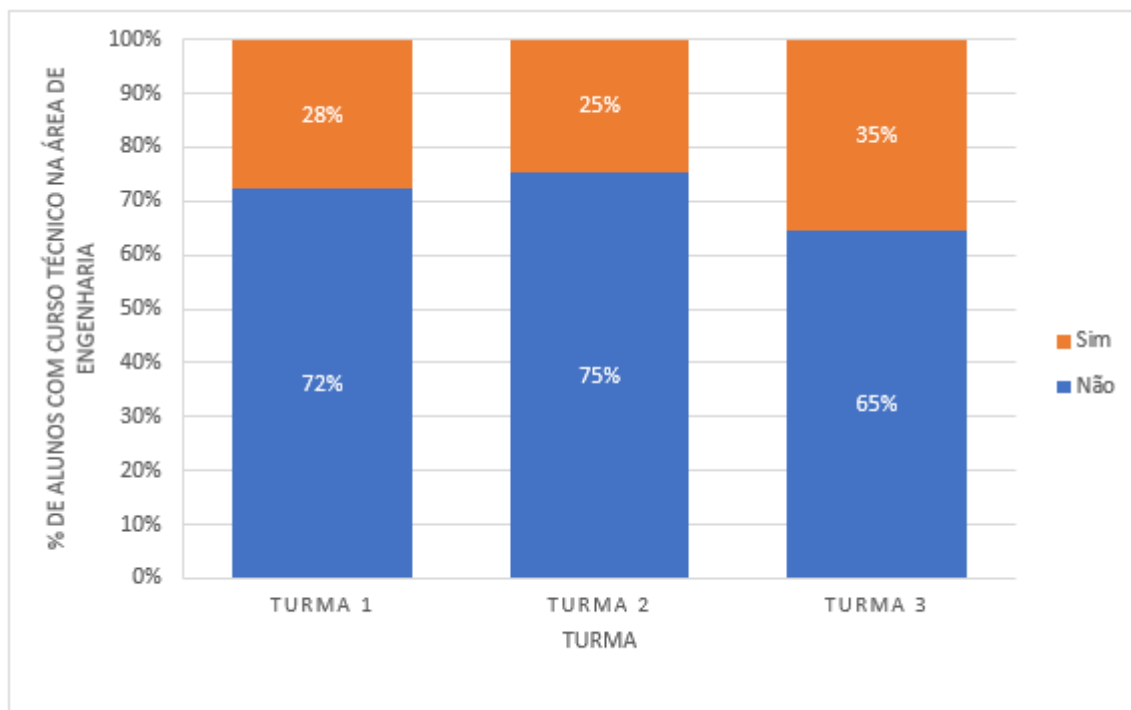


Como foi dito anteriormente, uma característica das turmas da UCCQMM é a presença de vários períodos na mesma turma. Tal fato não é observado na turma 3, pois a mesma é composta por alunos formando, que cursam a disciplina para a integralização do curso.



Entende-se que o conhecimento prévio dos alunos deve ser levado em consideração quando se propõe uma atividade de apresentação de conceito. O conhecimento prévio, mesmo que equivocado, pode aferir o nível de transformação após a apresentação de um conceito. Desta maneira, foi realizado mapeamento do número alunos com curso técnico na área de engenharia e com outra graduação completa. As figuras 5 e 6 apresentam a porcentagem de alunos com curso técnico e com outra graduação completa.

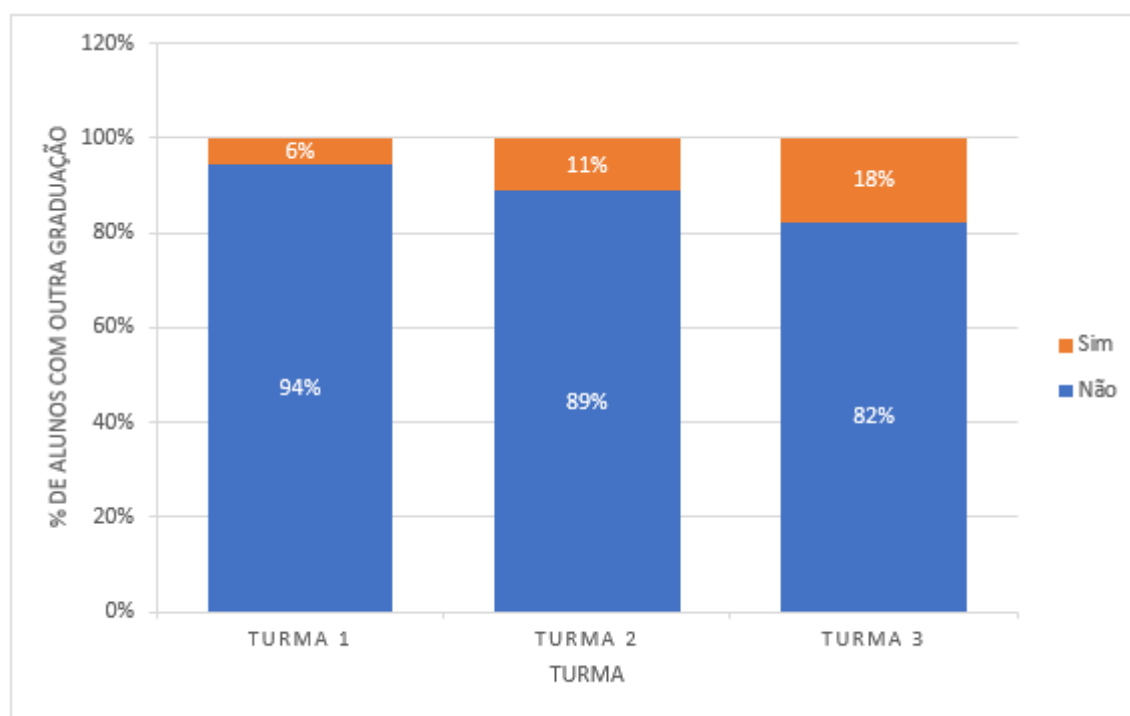
Figura 5: % de alunos com curso técnico por turma



Em média 30 % dos alunos das turmas fizeram curso técnico na área de engenharia. A maioria dos alunos está cursando a primeira graduação.

Figura 6: de alunos com outra graduação





#### 4.2 Estudo da evolução do conceito de cristalinidade

O conceito de cristalinidade foi mapeado antes e depois do experimento com o objetivo de verificação do entendimento do conceito. Os resultados são apresentados nas figuras 7 e 8.

Figura 7: % de respostas corretas e incorretas dos alunos antes do experimento

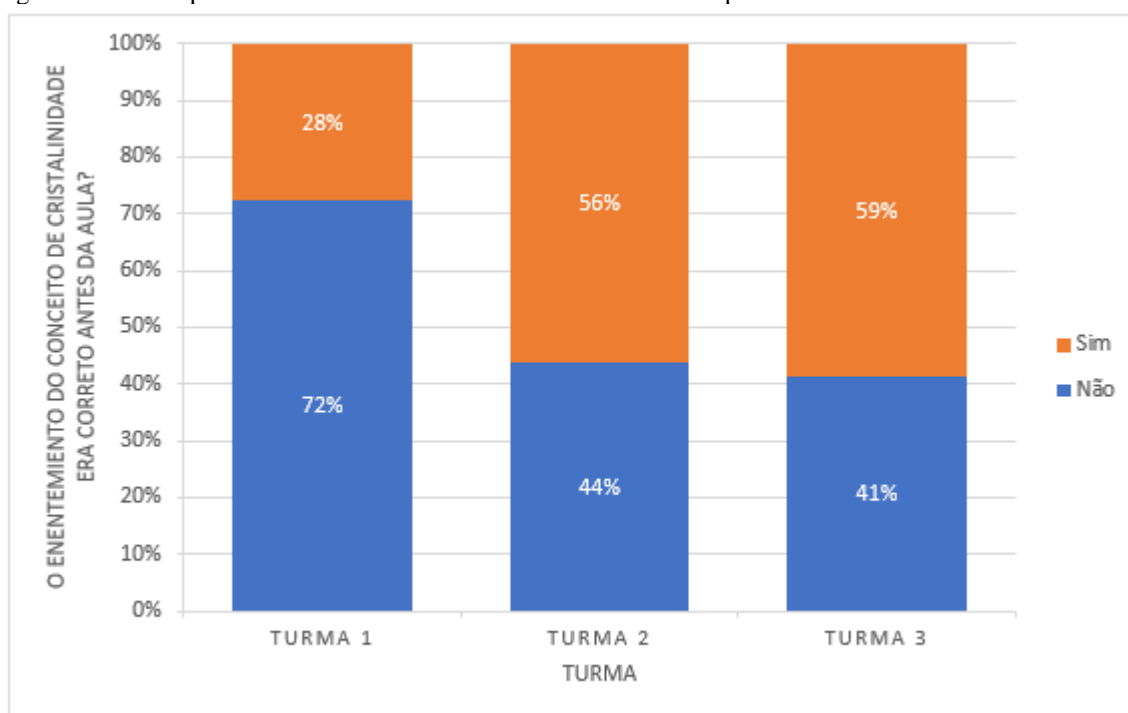
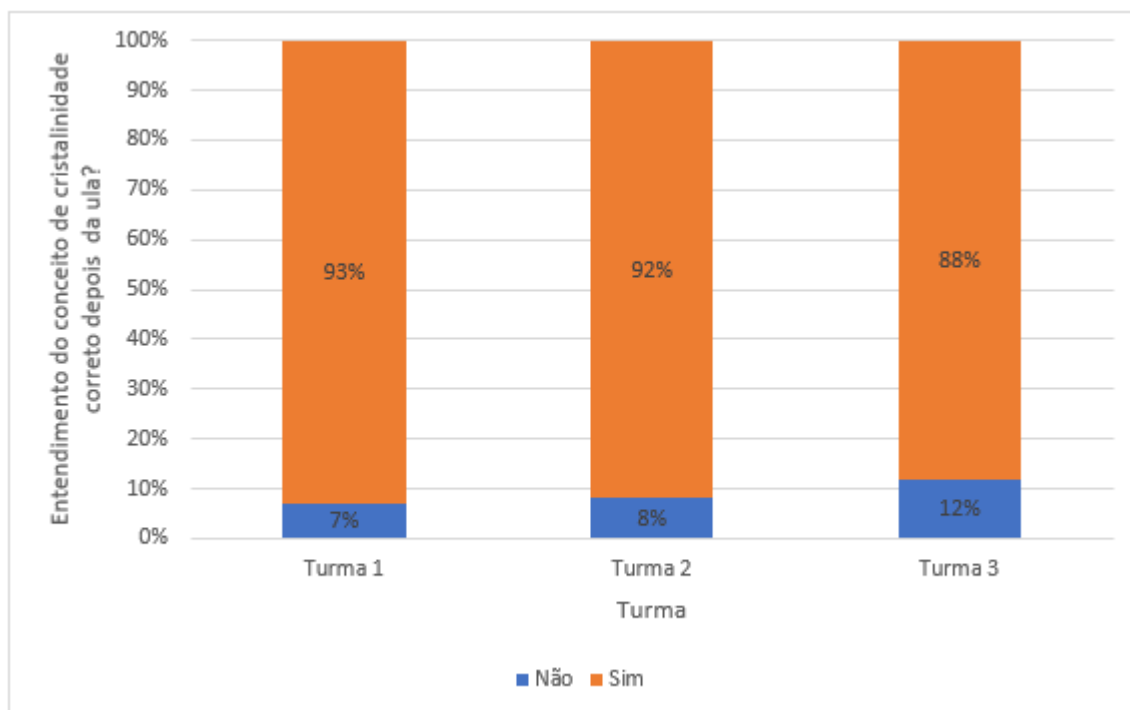


Figura 8: % de respostas corretas e incorretas dos alunos após do experimento



Observa-se uma melhora no entendimento do conceito de cristalinidade em todas as turmas, independentemente se a turma realizou o experimento ou não. Porém nas turmas que realizaram o experimento o entendimento é relativamente maior,

Na tabela 1 são apresentados os resultados de estabelecimento da relação da cristalinidade e transparência.

Tabela 1: Estabelecimento da relação entre cristalinidade e de transparência

O aluno conseguiu estabelecer uma relação correta entre cristalinidade de transparência	Turma 1	Turma 2	Turma 3
Não	15%	20%	12%
Sim	85%	80%	88%

Os alunos conseguiram estabelecer uma correta relação e transparência, atingindo o objetivo do experimento que era desmistificar a que todo material cristalino é transparente.

Ainda foi avaliado se o aluno conseguiria estabelecer o julgamento de para a seguinte afirmação: "A Tg é a propriedade do material onde podemos obter a temperatura da passagem do estado vítreo para um estado "maleável", sem ocorrência de uma mudança estrutural". Nas três turmas os alunos conseguiram julgar de maneira correta o conceito, 67%, 77%, 78%, nas turmas 1, 2 e 3 respectivamente.

Quando perguntados sobre a percepção da aula com relação a teoria e em relação à dinâmica a maioria dos alunos responderam que a abordagem é interessante.

**Resumo e palavras-chave (vai no formulário de inscrição)****Resumo**

No currículo por competências há grande demanda de criação de experiências de aprendizagem que possam ser testadas com o fim de validar o modelo. O estudo de transição vítrea para diferentes engenharias demanda aulas ativas e com discussão ampla para atingir os diferentes interesses. No presente trabalho foi aplicada uma experiência de aprendizagem com aula prática no modelo remoto onde os estudantes realizaram a transição vítrea de balas de gelatina nos fornos de casa comparado a aula presencial teórico expositiva. Os grupos posteriormente realizaram avaliação de aprendizagem. Os resultados mostram que o engajamento dos estudantes foi maior na aula remota prática com a utilização de seus próprios materiais em comparação com a aula teórica expositiva. Os resultados de avaliação mostram que nas três turmas avaliadas os alunos conseguiram julgar de maneira correta o conceito de cristalinidade nos percentuais de 67%, 77%, 78%, nas turmas após a aplicação das metodologias.

Palavras-chave: experiência de aprendizagem, transição vítrea, avaliação.

**5 Considerações Finais**

O presente trabalho demonstrou que atividades que aproximam o aluno de conceitos abstratos são importantes, pois a visualização no mundo macroscópico permite que mesmo aqueles alunos que nunca tiveram contato com o conteúdo se apropriem do mesmo. O experimento realizado em turmas com características diferentes tanto em composição quanto em maturidade permitiu estabelecer que a evolução do conceito independe da organização do grupo de aprendiz.

Ainda é necessário estabelecer correlações mais profundas quanto ao grau de conhecimento prévio dos alunos e a evolução do conceito.

**REFERÊNCIAS**

ALVES, O. L.; GIMENEZ, I. de F.; MAZALI, I. O. VIDROS. **Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola**, Edição Especial, Maio 2001

SHACKELFORD, J. F.; **Ciência dos Materiais**, 6ª Ed. São Paulo: Pearson: Prentice Hall, 2008.

SPADA, J. C.; DA SILVA, E. M.; TESSARO, I. C. Production and characterization of pinhão starch biofilms. *Brazilian Journal of Agricultural Sciences / Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, [s. l.], v. 9, n. 3, p. 365–369, 2014. DOI 10.5039/agraria.v9i3a3704. Disponível em: <https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=foh&AN=98890987&lang=pt-br&site=ehost-live>. Acesso em: 15 maio. 2022.

Souza, Patterson Patricio de; Silva, Glauro Goulart; Amaral, Luis Otávio Fagundes. O Cotidiano é meio Amorfo: Transição Vítrea, uma abordagem para o ensino médio. **Química Nova na Escola**, n.20, p. 21-25, 2004.



RICARDO, E. C. DISCUSSÃO ACERCA DO ENSINO POR COMPETÊNCIAS:  
PROBLEMAS E ALTERNATIVAS. **Cadernos de Pesquisa**, v.40, n.140, p. 605-628,  
maio/ago. 2010

