

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO RIO GRANDE DO SUL-UERGS
UNIDADE GUAÍBA
PPGSTEM

MARCO CÉSAR SAUER

ORIENTADOR
PROF. DR. RENATO LETIZIA GARCIA

PRODUTO EDUCACIONAL PARA O ESTUDO EXPERIMENTAL DA
TRANSFERÊNCIA DE CALOR EM ALETAS COM EMPREGO DE
EQUIPAMENTO DE BAIXO CUSTO



Guaíba
2021

1 PRODUTO EDUCACIONAL

O trabalho desenvolvido consistiu na elaboração de um experimento didático e de um produto educacional destinado ao ensino da transferência de calor em aletas.

O experimento didático foi concebido a partir da ideia de que os ensaios fossem de fácil execução e com emprego de equipamento de baixo custo. Esses pressupostos tendem a viabilizar a adoção do experimento em diversas instituições de ensino, pois o emprego de equipamentos cujo custo requer um processo de aquisição institucional envolve custos financeiros e trâmites burocráticos que dificultam sobremaneira a oferta da aula experimental planejada.

Além disso, há a necessidade de que os ensaios a serem realizados forneçam resultados quantitativos cujos desvios em relação ao modelo proposto sejam compatíveis com a incerteza inerente a um sistema físico real, bem como aos materiais, equipamentos e instrumentos cotidianamente utilizados na prática de engenharia. Neste ponto, cabe ressaltar que resultados experimentais quantitativos condizentes com as previsões teóricas obtidas com o emprego das fórmulas e equações apresentadas em aulas teórico-expositivas podem contribuir para uma maior participação dos alunos e estimulá-los no aprendizado dos conceitos teóricos e na vinculação destes conceitos com a prática.

De modo geral, o experimento didático foi desenvolvido através da seleção dos materiais, montagem do equipamento e realização dos ensaios. A partir dos resultados obtidos na comparação dos dados experimentais com os valores teóricos fornecidos pelo modelo matemático proposto foram promovidos ajustes no equipamento e nas condições operacionais dos ensaios. Após a conclusão desta primeira etapa, buscou-se elaborar uma proposta de ensino da transferência de calor em superfícies estendidas (aletas), baseada no experimento didático concebido. Dessa forma, a intenção deste trabalho foi desenvolver um produto educacional com atividades voltadas para o estudo teórico e prático da transferência de calor em aletas, tendo como ponto de partida uma aula experimental com emprego de equipamento didático de baixo custo. O produto educacional é composto por um questionário prévio sobre conceitos de transferência de calor, uma videoaula, um uma aula experimental, um questionário final sobre conceitos de transferência de calor em aletas e um questionário de avaliação.

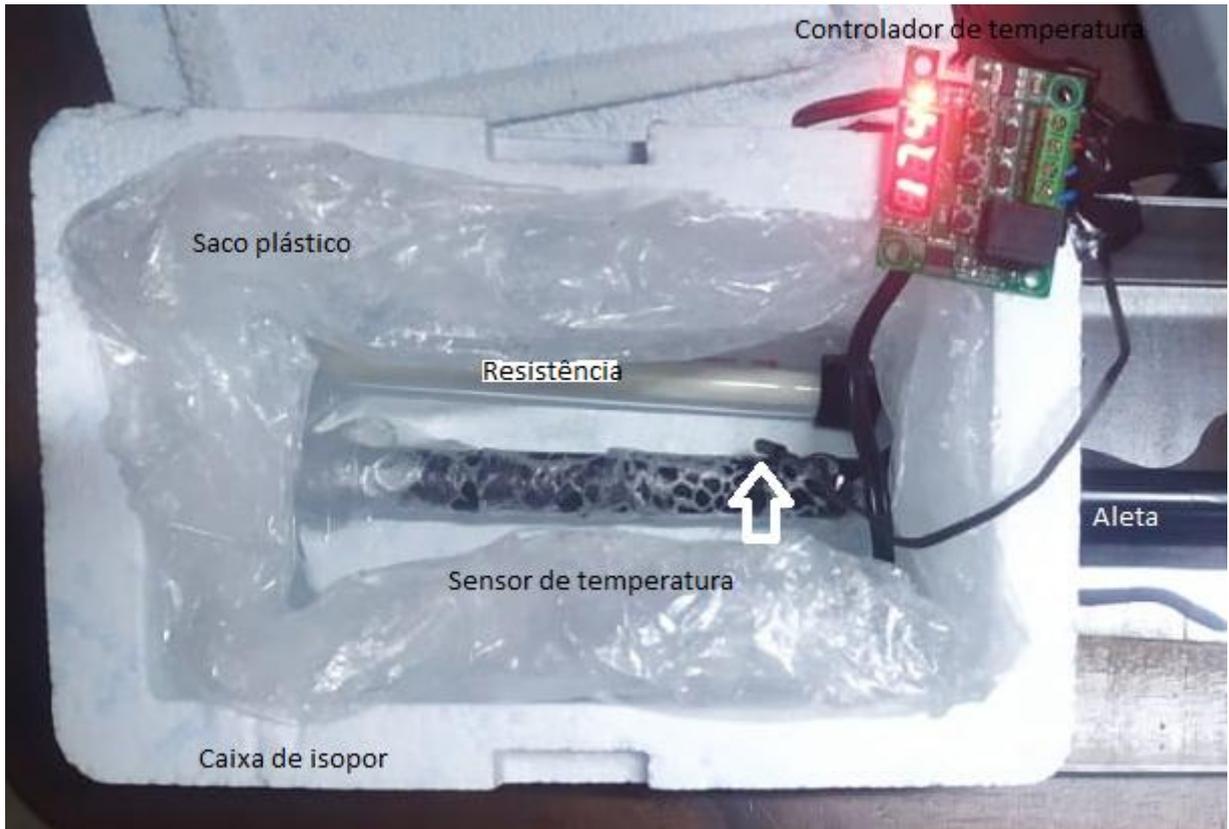
1.1 EXPERIMENTO DIDÁTICO

O experimento didático consistiu na criação de um equipamento de baixo custo desenvolvido para realizar ensaios visando determinar o perfil de temperatura em aletas cilíndricas. O equipamento confeccionado pode ser descrito sucintamente como uma haste cilíndrica horizontal, parcialmente inserida no interior de uma caixa de isopor e com sua porção restante exposta ao ar ambiente. O interior dessa caixa estava preenchido com água e ali havia uma resistência elétrica e um controlador de temperatura, de modo a envolver a porção interna da haste imersa em um banho térmico cuja temperatura podia ser regulada.

1.1.1 CONFECÇÃO DO EQUIPAMENTO, AJUSTES E MONTAGEM FINAL

Uma caixa de polipropileno expandido (isopor) com as dimensões de 220x140x180mm foi utilizada, sendo que a opção pelo polipropileno expandido foi devido ao seu baixo custo, facilidade de aquisição e por se constituir em um bom isolante térmico, minimizando assim a dissipação de calor através das paredes dessa caixa. Na face interna da parede lateral de menor área foi engastada a haste (aleta), que se estendia horizontalmente no interior da caixa, transpassava a parede lateral oposta e se projetava para fora numa extensão de 570 mm, conforme pode ser visualizado na **Figura 1**.

Figura 1 - Parte Interna da Caixa com Sistema de Aquecimento e Aleta



Fonte: Elaborada pelo autor, 2021.

A aleta utilizada consistia de uma haste de alumínio com 15mm de diâmetro e 760mm de comprimento total, pintada na cor preta (com tinta *spray* preto fosco). Segundo dados do fabricante da haste, o material trata-se de uma liga de alumínio 6063, que possui um peso específico de 2.710 kg/m^3 , calor específico de $0,21 \text{ Cal/g.}^\circ\text{C}$ e condutividade térmica de $0,48 \text{ Cal/cm.}^\circ\text{C}$. A resistência térmica utilizada é do tipo empregado em aquários, possui uma potência de 100W e pode ser facilmente encontrada no comércio. O controlador de temperatura é um modelo básico comercial com ajustes de *set point* e histerese e utiliza um sensor do tipo NTC.

Cabe aqui ressaltar que um saco plástico foi colocado no interior da caixa de isopor, e ajustado para ocupar todo o espaço interno desta caixa. Essa medida foi tomada para evitar vazamentos de água, pois se observou que, em temperaturas superiores a $70 \text{ }^\circ\text{C}$, o isopor irá se expandir e gerar vazamentos de água através dos poros presentes na estrutura deste material. A porção da haste inserida no interior da caixa estava envolvida externamente pelo saco plástico.

A colocação de placas de acrílico, posicionadas lateralmente ao longo de toda a

extensão da aleta, foi outro ajuste que se fez necessário. A inserção desta peça teve como objetivo direcionar o escoamento do ar ambiente, que é induzido pela aleta aquecida e apresenta um movimento vertical ascendente; e, além disso, minimizar a interferência de correntes de ar presentes no local, ou produzidas pela movimentação de pessoas e objetos no entorno da aleta. As placas utilizadas foram posicionadas a 10 mm acima do nível da base da caixa de isopor e sua altura era de 100 mm. A colocação de cantoneiras e de uma placa adicional na extremidade livre da aleta possibilitou uma melhor fixação da haste na caixa, conforme pode ser observado na Figura 2, minimizando tensões no ponto de engaste desta haste na face interna da parede de isopor e reduzindo ainda mais a influência de correntes de ar indesejáveis no entorno da aleta.

Para a realização das medidas da temperatura ao longo da aleta foi utilizada uma câmera térmica da marca FLIR, modelo TG165. A fixação desta câmera num tripé e o posicionamento deste sobre um trilho de alumínio consistiu em mais um ajuste cuja necessidade foi constatada durante a realização dos ensaios iniciais. Este procedimento foi adotado no intuito de minimizar a incerteza associada à medição da distância entre o ponto de registro e a base da aleta, garantindo que a câmera percorresse um percurso único ao longo da aleta e, através de marcações no trilho, possibilitando uma medição mais precisa dessa distância.

Na Figura 2 é apresentado o equipamento confeccionado após a realização dos ajustes necessários, ilustrando a montagem final utilizada na realização dos ensaios.

Figura 2 - Caixa de Isopor, Câmera Térmica, Estrutura de Acrílico e Trilho Guia da Câmera



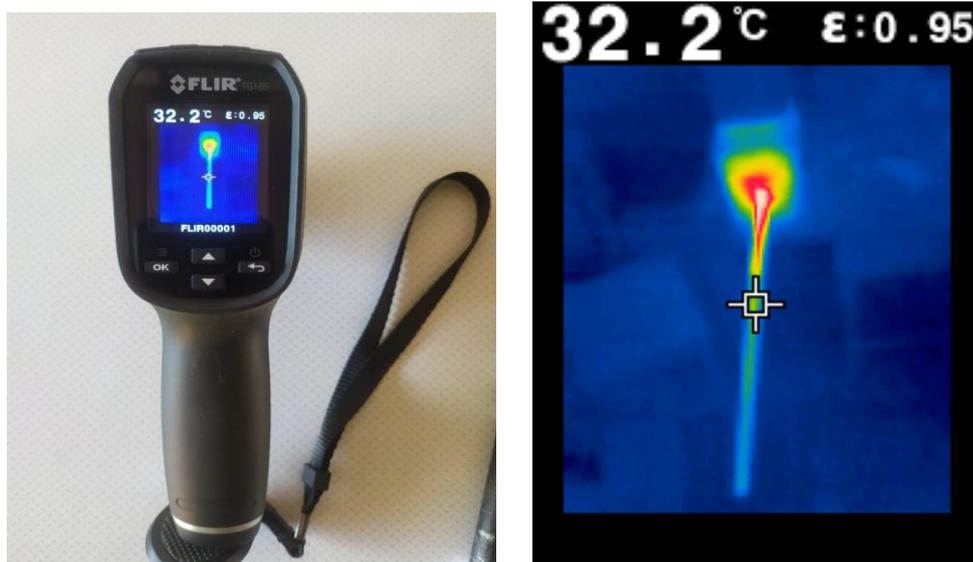
Fonte: Elaborada pelo autor, 2021.

A câmera termográfica empregada possui uma faixa de medição de temperatura de -25°C até 300°C , precisão de $\pm 1,5^{\circ}\text{C}$ na faixa de medição de 50°C a 100°C , resolução de $0,1^{\circ}\text{C}$ e tempo de resposta de 150ms. Com essa câmera foi possível efetuar as medidas da temperatura ao longo da aleta sem contato, pois a mesma possui um sensor infravermelho. É importante ressaltar que a câmera tem no centro da tela um sinalizador que indica o ponto no qual está sendo realizada a medição da temperatura, conforme ilustrado na Figura 3 na qual se visualiza a câmera térmica e uma imagem gerada pela mesma.

A Tabela 1 apresenta os custos dos materiais e instrumentos necessários para a realização dos ensaios, sendo nela destacado o item correspondente à câmera termográfica, cujo custo é muito superior aos demais itens ali discriminados. Cabe aqui ressaltar, que o emprego deste instrumento facilita sobremaneira a realização dos ensaios, possibilitando o registro de uma grande quantidade de pontos espaçados ao

longo da aleta. A utilização de sensores do tipo PT100 ou termopares, alternativa que se contrapõe ao uso da câmera termográfica, implicaria na necessidade da realização de orifícios ao longo da haste para a introdução destes instrumentos de medição, dificultando a montagem do equipamento e reduzindo significativamente o número de registros obtidos num ensaio. Além disso, a necessidade de acoplamento destes sensores a um equipamento que possibilitasse a visualização dos valores de temperatura registrados seria uma dificuldade adicional na montagem do experimento.

Figura 3 - Câmera Térmica e Imagem Gerada pela Mesma



Fonte: Elaborada pelo autor, 2021.

Tabela 1 - Características dos Materiais e Instrumentos Utilizados nos Ensaio

Recursos	Quantidade	Custo (R\$)
Caixa de isopor	1	6,00
Controlador de temperatura	1	25,00
Aquecedor (100W)	1	40,00
Fonte de alimentação 12V	1	15,00
Barra de alumínio (750mm x 15mm)	1	36,00
Câmera térmica FLIR TG165	1	2500,00
Base de acrílico	1	80,00
Tripé	1	60,00
Trilho de alumínio	1	30,00
TOTAL		2778,00

Fonte: Elaborada pelo autor, 2021.

1.1.2 REALIZAÇÃO DOS ENSAIOS

Efetuada a montagem inicial, com a inserção e fixação da haste metálica na caixa de isopor, seu interior foi preenchido com água e o controlador foi ajustado para fixar a temperatura do banho térmico. Ao atingir a temperatura ajustada, aguardou-se um tempo para a estabilização do perfil térmico ao longo da aleta e iniciou-se o registro das temperaturas, movimentando-se a câmera térmica sobre o trilho, ao longo de toda a extensão da aleta, sendo estabelecido uma série de 3 medições em cada ponto durante a realização de um ensaio.

Após a execução dos ajustes necessários, e a montagem final do experimento, foram realizados ensaios nos quais a temperatura do banho térmico foi mantida na faixa de 55 a 85°C, e fixado um intervalo de 5°C entre eles, num total de sete ensaios. O intervalo de tempo de espera para iniciar o registro de temperaturas na aleta, após o banho térmico atingir a temperatura ajustada, foi de 30 minutos, sendo este valor determinado empiricamente, a partir de uma longa série de ensaios iniciais.

Os registros de temperatura foram efetuados em 31 pontos distintos ao longo da aleta; sendo estabelecido um espaçamento de 1 cm entre os pontos “1” e “13”; 2 cm, entre os pontos “13” e “22”; e, 3 cm, entre os pontos “22” e “31”. Os valores registrados foram anotados e posteriormente transferidos para a planilha *Excel*. Na Tabela 2 são apresentados os dados experimentais obtidos para o ensaio cuja temperatura do banho térmico foi fixado em 65°C.

Na sequência é apresentado um gráfico, ilustrado na Figura 4, no qual são comparados os dados experimentais obtidos com os valores de temperatura previstos nos dois modelos teóricos. Os valores dos resultados experimentais e correspondentes aos modelos “i” e “ii” da seção 2.3.3 estão indicados, respectivamente, nas curvas azul, laranja e cinza desta figura.

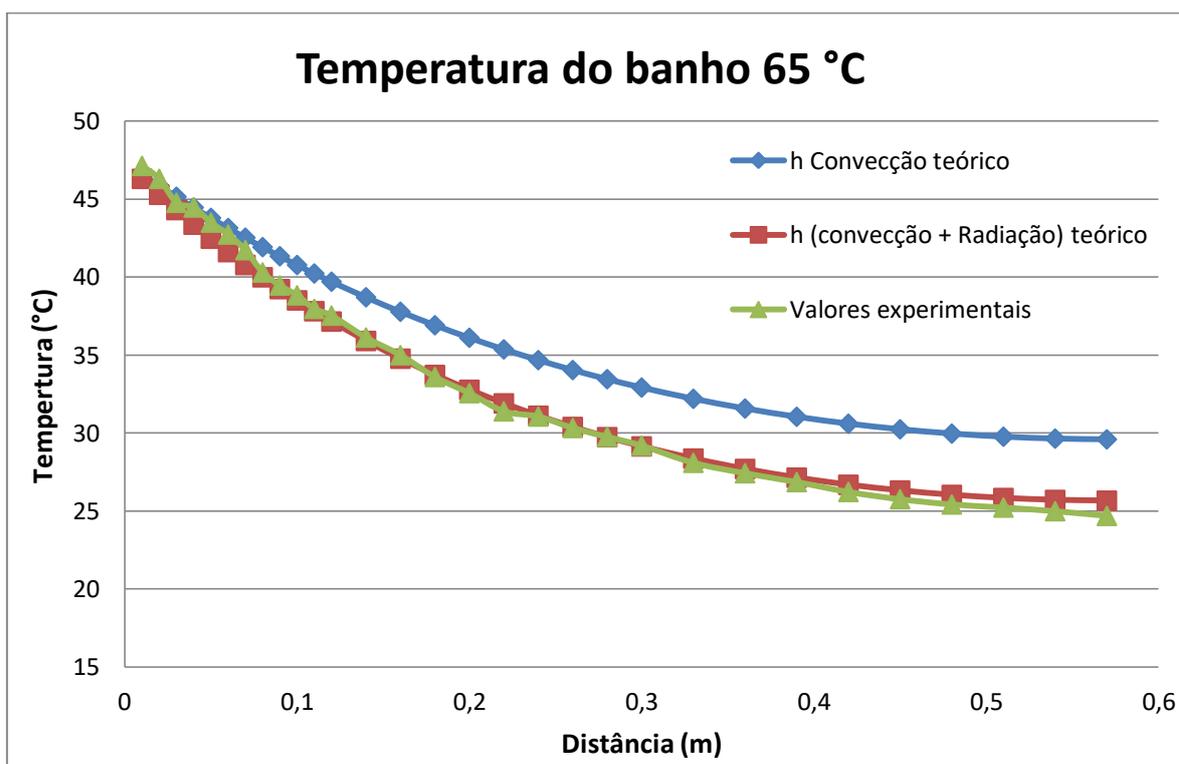
Tabela 2 – Dados experimentais para temperatura de banho 65 °C

Temperatura ambiente = 17,5 °C					
Ponto	Distância	Temperatura do Banho °C			média
		65			
1	0	49,2	48,5	48,3	48,7
2	1	48,0	48,2	47,2	47,8
3	2	46,7	46,4	45,8	46,3

4	3	45,3	45,3	44,4	45,0
5	4	44,0	44,1	43,9	44,0
6	5	43,5	43,5	43,3	43,4
7	6	42,5	43,0	42,7	42,7
8	7	41,2	41,8	41,8	41,6
9	8	39,7	40,8	40,3	40,3
10	9	39,3	39,9	39,7	39,6
11	10	38,7	39,3	39,2	39,1
12	11	37,4	38,3	37,7	37,8
13	12	37,0	37,4	37,2	37,2
14	14	35,2	35,3	35,4	35,3
15	16	33,8	33,4	33,2	33,5
16	18	32,7	32,3	31,4	32,1
17	20	31,2	30,8	31,2	31,1
18	22	29,0	29,6	29,8	29,5
19	24	28,8	29,0	28,5	28,8
20	26	28,3	27,9	28,0	28,1
21	28	27,6	27,0	27,0	27,2
22	30	26,8	26,7	26,3	26,6
23	33	25,9	25,5	25,5	25,6
24	36	25,0	24,1	24,4	24,5
25	39	24,4	24,0	23,8	24,1
26	42	23,7	23,3	23,1	23,4
27	45	23,2	22,7	22,8	22,9
28	48	23,0	22,3	22,3	22,5
29	51	22,7	22,1	22,0	22,3
30	54	22,3	21,5	21,6	21,8
31	57	21,8	20,0	20,0	20,6

Fonte: Dados da Pesquisa, 2021.

Figura 4 – Dados Experimentais x Valores Teóricos para 65 °C



Fonte: Dados da Pesquisa, 2021.

Os ajustes realizados durante a realização dos ensaios iniciais foram necessários para que os dados experimentais obtidos fossem condizentes com o modelo teórico, de modo a produzir um resultado quantitativo satisfatório. Esta condição foi postulada como fundamental para tornar o produto educacional mais atrativo e confiável ao aprendiz, na medida em que ele foi construído a partir de um experimento didático de caráter quantitativo, no qual se espera que os ensaios realizados possam reproduzir, com razoável precisão, os resultados teóricos previstos pelas equações e fórmulas matemáticas aplicáveis a tais ensaios.

O emprego de um equipamento de baixo custo foi postulado como condição fundamental para uma maior divulgação do trabalho e sua adoção como estratégia de ensino do tópico “estudo da transferência de calor em aletas” em muitas outras instituições de ensino; pois, caso o experimento didático exigisse a aquisição de um equipamento de custo elevado, de difícil aquisição, instalação ou manutenção, a adoção da estratégia de ensino proposta seria inviabilizada.

Antes de iniciar a descrição da metodologia utilizada na elaboração do produto educacional, cabe aqui destacar que a realização de aulas práticas, nas quais a

participação e o engajamento dos alunos tende a ser maior, não se constitui uma garantia de um aprendizado mais eficiente do assunto tratado ou, até mesmo, de uma análise e interpretação adequada dos fenômenos observados durante a realização dos ensaios experimentais. A formulação de uma estratégia de ensino adequada ao assunto abordado é tão importante quanto à realização da atividade experimental em si.

1.2 ELABORAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL

O embasamento teórico adotado como ponto de partida para a elaboração do produto educacional foi a Teoria da Aprendizagem Significativa, mais especificamente no que diz respeito à ativação de subsunçores; sendo o termo “subsunçor”, conforme a definição dada por Ausubel (1980), na citação de Moreira (2011): “Conhecimento específico, existente na estrutura de conhecimentos do indivíduo, que permite dar significado a um novo conhecimento.” A importância desse conhecimento prévio é relevante no aprendizado e, na visão de Ausubel (2000), “o fator isolado mais importante que influencia a aprendizagem é aquilo que o aprendiz já sabe”. Nesse contexto, foi planejada a elaboração de um questionário prévio, como atividade inicial da sequência didática a ser construída.

No que diz respeito ao enfoque centrado no experimento didático, esta escolha está embasada nas ideias de Vigotsky (1991), segundo as quais a construção do conhecimento ocorre através de relações entre seres humanos, com base num contexto social, histórico e cultural (Moreira, 2014). Assim, a realização de aulas experimentais propicia a essa inter-relação entre indivíduos; pois promove, além da interação aluno-professor, o diálogo e a discussão dos alunos entre si. Além disso, é no laboratório que se amplia a possibilidade do aprendiz relacionar seus conceitos prévios com os de cunho científico e próprios do ambiente escolar (Rosa, 2003).

Diante do exposto, a segunda atividade a ser inserida na sequência didática foi uma apresentação teórica, de curta duração, na forma de um vídeo explicativo da teoria concernente ao experimento didático. O formato adotado visou privilegiar um fácil acesso ao conhecimento; e, além disso, delimitar o conteúdo teórico a ser apresentado, evitando uma sobrecarga de informações, cuja principal consequência seria desestimular o aluno na absorção dos conhecimentos necessários à aprendizagem do assunto abordado.

Um questionário final, visando avaliar o aprendizado, foi a penúltima atividade do produto educacional. Cabe aqui ressaltar que a inserção desta atividade tem como objetivo verificar, a partir do desempenho dos alunos, a eficácia da estratégia de ensino contida na sequência didática planejada. Segundo Hoffmann (2014), “Em um processo de aprendizagem toda resposta do aluno é ponto de partida para novas interrogações ou desafios do professor.” Obviamente que todo processo de avaliação incute algum desconforto nos alunos, pois seu desempenho será mensurado e, também, confrontado com o desempenho dos demais colegas. Contudo, não há como evitar a necessidade de avaliação de conhecimentos, mesmo quando apenas se busca a melhora de todo o processo educativo, como foi feito em relação ao questionário final proposto nessa atividade.

A última atividade consistiu de uma pesquisa de opinião, abordando aspectos relativos ao grau de dificuldade, número de itens (ou questões), duração e pertinência das atividades propostas.

As limitações decorrentes da COVID-19 levou à integração de todas as atividades propostas em um **minicurso**, intitulado “Estudo experimental da transferência de calor em aletas com emprego de equipamento de baixo custo”, que foi disponibilizado aos alunos através do ambiente de aprendizagem virtual *Moodle*. As atividades que compõem o produto educacional proposto foram elaboradas de modo a viabilizar sua realização de forma remota.

Dentre os fatores determinantes na implantação de um minicurso, destaca-se a utilização, de forma institucional, do ambiente *Moodle* na UERGS e o fato do professor orientador estar ministrando, de forma remota, a disciplina de Transferência de Calor para alunos desta instituição.

1.2.1 DETALHAMENTO DAS ATIVIDADES

O questionário prévio foi elaborado para avaliar o conhecimento do grupo como todo e, simultaneamente, ativar os conhecimentos prévios dos alunos (subsunçores, na terminologia da Aprendizagem Significativa), a partir da proposição de questões acerca de tópicos e conceitos fundamentais envolvendo a transferência de calor, seus mecanismos e, noções básicas relativas ao fluxo de calor e perfil de temperatura em uma aleta. O questionário, aplicado de forma *on line*, e cujo acesso foi inicialmente

franqueado por um prazo de alguns dias (e, posteriormente ampliado em uma semana), abarcava os seguintes tópicos:

- Conceitos de transferência de calor;
- Mecanismos de transferência de calor;
- Princípios e fundamentos da transferência de calor, parâmetros físicos e equações;
- Transferência de calor em aletas.

Dentro da plataforma *Moodle* foi gerado um banco de questões para cada tópico e depois foram geradas questões distintas para cada aluno.

Este questionário foi aplicado ao grupo de alunos que participou do curso de extensão “Estudo experimental da transferência de calor em aletas com emprego de equipamento de baixo custo” que foi oferecido na modalidade EAD. Os dados obtidos foram analisados no item 4 desta análise. Já o questionário encontra-se no Apêndice 1.

A videoaula teórica com a finalidade de apresentar o assunto sobre transferência de calor em aletas aos alunos através de uma abordagem audiovisual, pois, como foi mencionado anteriormente, audição e visão são os sentidos que se mostram mais efetivos no aprendizado, com índices de 11 e 83%, respectivamente, segundo Freitas (2009).

O vídeo foi planejado para ter uma duração de aproximadamente 20 minutos, tendo em vista que a atenção e o interesse do telespectador diminuem consideravelmente com o passar do tempo. A ideia central dessa atividade é fixar conceitos e princípios teóricos, relativos à transferência de calor e sua aplicação em superfícies estendidas, a partir de fenômenos do cotidiano, relacionando equações e imagens de fenômenos do cotidiano. Essa parte inicial do vídeo é sucedida pela descrição do equipamento e do roteiro de execução dos ensaios.

A inclusão de um vídeo, cujo acesso está disponível em <https://youtu.be/16VYbOPojSs>, e que permaneceu acessível aos alunos ao longo de praticamente todo o minicurso, foi pensada levando em conta que cada aluno aprende de uma maneira e ao seu tempo; e, assim, poderia acessar o conteúdo do vídeo sempre que julgasse conveniente. A apresentação audiovisual tem como objetivo auxiliar os alunos na reformulação de suas concepções teóricas acerca da transferência de calor. Cabe aqui ressaltar ainda que eventuais dúvidas surgidas durante a realização do

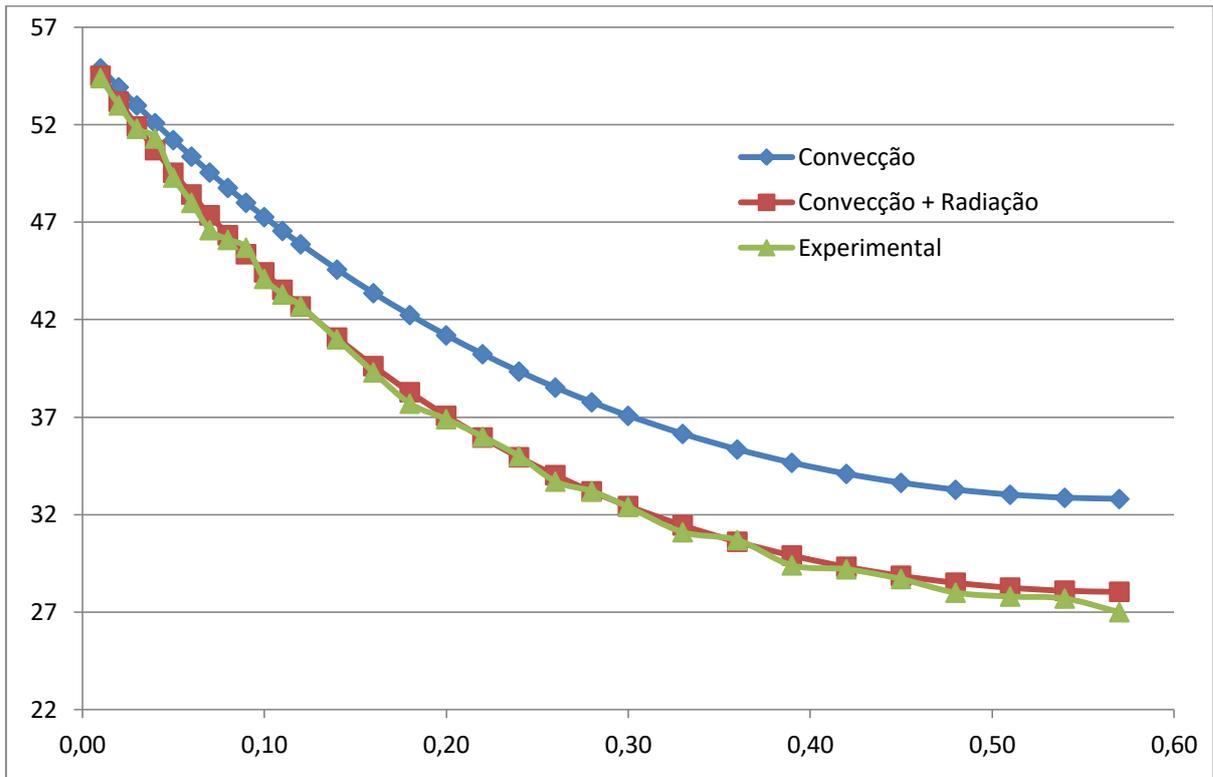
questionário inicial, e que não fossem esclarecidas ao assistir a videoaula, seriam dirimidas com o professor, na aula experimental.

Considerando também o período atual de pandemia da COVID-19, onde aulas presenciais estavam impossibilitadas e os participantes já haviam se acostumado com o aprendizado remoto a partir de videoaulas assíncronas, a realização dessa atividade não causou estranheza ou desconforto aos participantes.

Uma aula experimental é planejada e executada para que o aluno possa realizar os ensaios previstos utilizando os equipamentos e instrumentos necessários, seguindo um roteiro previamente definido pelo professor. No entanto, considerando o período de pandemia, esta aula foi conduzida pelo pesquisador mediante uma sessão *online*, via plataforma *Google Meet*, realizada no dia 30 de setembro de 2021. Para a execução desta atividade, experimento didático foi montado e previamente testado.

A aula foi iniciada fazendo-se uma descrição do equipamento, detalhando as partes componentes do mesmo com auxílio de uma câmera, neste momento os alunos puderam questionar sobre o equipamento. Na sequência foi realizado o experimento prático. A câmera térmica foi posicionada no início da aleta e foram anotadas as temperaturas ao longo da aleta numa planilha *Excel* previamente formatada onde eram realizados os cálculos teóricos dos coeficientes de película a partir dos dados iniciais de temperatura ambiente e da temperatura na base da aleta. Os dados assim obtidos foram plotados num gráfico, que foi visualizado pelos alunos. Na medida em que os dados experimentais iam sendo gerados, estes eram inseridos na planilha e também plotados junto ao gráfico dos dados teóricos, para fins de comparação. Este gráfico gerado durante a aula experimental pode ser visualizado na **Figura 5**, onde no eixo das abscissas tem-se a distância do ponto de registro até a base da aleta (cm) e, na ordenada, a temperatura registrada ($^{\circ}\text{C}$). Toda a aula experimental foi gravada, e a planilha de cálculo gerada com os dados obtidos na realização dos ensaios foi disponibilizada aos alunos.

Figura 5- Gráfico Gerado na Aula Experimental



Fonte: Dados da Pesquisa, 2021.

O questionário final foi criado para avaliar o conhecimento adquirido pelos alunos no que diz respeito ao assunto abordado no minicurso. A ideia era avaliar o grupo de alunos como um todo; e, dessa forma, a partir de uma comparação com o desempenho do grupo no questionário inicial, estimar a eficiência do produto educacional elaborado. Esta avaliação, assim como o questionário inicial, também foi criada dentro do ambiente *Moodle*, através de um banco de questões no qual havia várias versões de cada item do questionário final. Assim, cada acesso ao questionário gerava, de forma aleatória, um conjunto distinto de questões, de modo que todos os alunos responderam questionários diferentes.

Esta atividade era constituída de 27 questões, abordando os seguintes tópicos:

- Conceitos de calor e temperatura;
- Transferência de calor;
- Mecanismos de transferência de calor;
- Transferência de calor em aletas;
- Perfil de temperatura em aletas.

Para avaliar o produto educacional, foi elaborada uma pesquisa de opinião, na qual os participantes foram questionados sobre as atividades realizadas e convidados a redigir seus comentários, críticas ou sugestões. O questionário prévio foi avaliado quanto ao número de questões, conteúdo abordado e grau de dificuldade. Quanto à videoaula, buscou-se avaliar o tempo de duração, a linguagem utilizada e a qualidade geral da mesma. Procurou-se saber também se, na visão do aluno, a integração dessas atividades, e a sequência na qual foram ordenadas, facilitou ou dificultou o aprendizado. Este questionário era constituído por 12 questões, apresentadas no Apêndice 3.

BIBLIOGRAFIA

ABRANTES, Antonio Carlos Souza de, e Nara AZEVEDO. “O Instituto Brasileiro de Educação, Ciência e Cultura e a institucionalização da ciência no Brasil, 1946-1966.” *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Humanas*. V. 5, n 2, maio-agosto 2010: 469-492.

ADIB, Maria Lúcia Vital dos Santos, e Mauro Sérgio Teixeira de Araújo. *Atividades experimentais no ensino de física in Revista Brasileira de Ensino de Física*. Revista Brasileira de Ensino de Física, vol 25, n 2, junho 2003.

BILITSKY, A. “The effect of Geometry on Heat Transfer by Free Convection from a Fin Array.” MS Thesis Department of Mechanical Engineering, Ben Gurion University of the Negev, Beer Sheva, Israel, 1986.

BORGES, Antônio Tarciso. “Novos rumos para o laboratório escolar de ciências.” *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 2002: V.19 n.3.

BRUNER, Jerome. *O processo da educação*. Lisboa: Edições 70, 2011.

ÇENGEL, Yunus A., e Afshin J.Ghajar. *Transferência de Calor e Massa: Uma abordagem prática*. Porto Alegre: Mc-Graw Hil, 2012.

FILHO, Jose de Pinho Alves. “Atividades experimentais: do método à prática construtivista.” *Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação da Universidade Federal de Santa Catarina*. Florianópolis, RS, 2000.

FISCARELLI, Rosilene Batista de Oliveira. *Material didático e a prática docente*. Vol. 2. Araraquara: Revista Ibero-Americana de estudos em educação. V.2 n.1, 2007.

FREIRE, P. *Educação como prática da liberdade*. 23. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1993.

FREIRE, Paulo. *Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa*. São Paulo: Paz e Terra, 1998.

FREITAS, Olga. *Equipamentos e materiais didáticos*. Brasília: Universidade de Brasília, 2009.

GARCIA, Renato Letizia, J. Zabadal, L.A. Amaral, J.A.D.G Neto, e A. Schmitz. “Transferência de calor e massa: Fusão de uma placa de gelo.” *Revista Brasileira de Ensino de Física*, vol. 39, n°3, e3502 (2017a) 39, n. 3 (2017): 3502.

GARCIA, Renato Letizia, Marco Antonio Moreira Oliveira, Moisés Nivaldo Cordeiro, e Diane Serpa. “Estudo experimental da secagem de alimentos: balanço térmico em um mini-secador de baixo custo.” *Caderno Brasileiro de Ensino de Física* 38, n. 1 (2021): 405-421.

GARCIA, Renato Letizia, R. A. Amaral, J Zabadal, C. C. Pibernat, F. Juchem, e A. Schmitz. “Resfriamento de um cilindro de aço: estudo experimental da convecção e radiação do calor.” *Revista Brasileira de Ensino de Física* 39, n. 4 (2017b): 4501.

GARCIA, Renato Letizial, e et al. “Tanque hidráulico vertical para cálculo de perda de carga em tubulações.” *Revista Eletrônica Científica da UERGS* 2 (2016): 54-62.

GIORDAN, Marcelo. “O papel da experimentação no ensino de ciências.” *Revista Química Nova na Escola*, v. 10, n. 10, 1999: 43-49.

HOFFMANN, Jussara Maria Lerch. *Avaliação Mediadora: uma prática em construção da pré-escola à universidade*. Porto Alegre: Mediação, 2014.

INCROPERA, Frank P. *Fundamentos da transferência de calor e de massa*. Rio de Janeiro: LTC, 1992.

JÚNIOR, Edson Jansen Miranda, e Rubens Soeiro Pedrosa de GONÇALVES. “Determinação Experimental Do Coeficiente De Transferência De Calor Por Convecção.” *Revista Ifes Ciência* 2, n. 1 (2016): 53 -71.

MOREIRA, Marco Antonio. *Aprendizagem Significativa: a teoria e textos complementares*. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2011.

PIAGET, Jean. *Estudos Sociológicos*. Rio de Janeiro: Editora Forense, 1973.

PIZZI, Jislaine. “A prática investigativa como instrumento metodológico.” *Os desafios da escola pública paranaense*, 2013.

ROSA, Cleci Werner da. “Concepções teórico-metodológicas no laboratório didático de física na Universidade de Passo Fundo.” *Revista ensaio*, 2003: 94-108.

STARNER, K. E., e H. N. MCMANUS JR. “An experimental investigation of free convection heat transfer from rectangular fin array.” *STARNER, K. E.; MCMANUS JR, H. N. An experimental investigation of free conv* *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 1963: 273.

VYGOTSKI, L. S. “A formação social da mente.” São Paulo: Livraria Martins Fontes Editora Ltda, 1991.

Apêndice 1 - Questionário prévio.

Analise as sentenças e assinale a alternativa correta:

A taxa de transferência convectiva de calor não se altera ao longo da extensão da aleta, pois foi considerada a temperatura média da aleta no cálculo do coeficiente de película

Na metodologia proposta foi utilizado um valor de h constante para toda a aleta, mas a variação da temperatura da superfície, ao longo da extensão da aleta, T_s . indica que o valor desta taxa diminui da base em direção à extremidade livre da aleta

Na superfície aquecida de uma aleta exposta ao ar ambiente, a transferência de calor ocorre por convecção e radiação. A parcela de contribuição radiativa aumenta se houver movimentação forçada de ar.

Na superfície aquecida de uma aleta exposta ao ar ambiente, a parcela de radiativa de transferência de calor é inversamente proporcional à área desta superfície.

Mecanismos transferência calor A

Assinale a alternativa correta:

Radiação, condução e convecção são os três mecanismos de transferência de calor, sendo que a radiação é o único mecanismo responsável pela propagação de calor na ausência de um meio material.

Radiação, convecção e reflexão são os três mecanismos de transferência de calor. A radiação de calor só ocorre na ausência de um meio material.

Convecção, radiação e condução são os três mecanismos de transferência de calor. A radiação do calor é proporcional à quinta potência da temperatura absoluta do corpo.

Condução, radiação e reflexão são os três mecanismos de transferência de calor. A radiação do calor pode ocorrer no vácuo e é proporcional à quarta potência da temperatura relativa de um corpo.

Mecanismos transferência calor A1

Assinale a alternativa correta:

A condução é o mecanismo típico dos sólidos, e está associada à transferência de energia vibracional entre suas partículas. A condução é o mecanismo típico dos fluidos, sendo associada à movimentação de porções do fluido.

A condução, também denominada difusão, está associada à movimentação das partículas em um retículo sólido cristalino. A convecção, por sua vez, está associada à vibração das partículas de um fluido.

A convecção e a condução são proporcionais, respectivamente, ao gradiente de temperatura no interior de um objeto sólido e à diferença de temperatura na superfície de contato entre um sólido e um fluido.

Convecção e condução são mecanismos típicos de transferência de calor em sólidos e fluidos, respectivamente. A condução envolve a movimentação de porções de fluido junto a uma superfície sólida.

Mecanismos transferência calor B1

Assinale a alternativa correta:

A convecção ou difusão do calor é um mecanismo de transferência de calor associado à energia vibracional das partículas. A condução de calor envolve a movimentação de porções de fluido.

A condução, também denominada difusão, está associada à movimentação das partículas em um retículo sólido cristalino. A convecção, por sua vez, está associada à vibração das partículas de um fluido.

A convecção e a condução são proporcionais, respectivamente, ao gradiente de temperatura no interior de um objeto sólido e à diferença de temperatura na superfície de contato entre um sólido e um fluido.

A condução e a convecção são os mecanismos típicos de transferência de calor nos sólidos e nos fluidos, respectivamente. A convecção está associada a movimentação de porções de fluido, e a condução à transferência de energia vibracional das partículas.

Mecanismos transferência calor C1

Assinale a alternativa correta:

A condução ou difusão do calor é um mecanismo de transferência de calor associado à energia vibracional das partículas. A convecção de calor envolve a movimentação de porções de fluido.

A convecção, também denominada difusão, está associada à movimentação das partículas em um retículo sólido cristalino. A convecção, por sua vez, está associada à vibração das partículas de um fluido.

A convecção e a condução são proporcionais, respectivamente, ao gradiente de temperatura no interior de um objeto sólido e à diferença de temperatura na superfície de contato entre um sólido e um fluido.

A condução e a convecção são os mecanismos típicos de transferência de calor nos fluidos e nos sólidos, respectivamente. A condução está associada a movimentação de porções de fluido, e a convecção à transferência de energia vibracional das partículas.

Transf calor aletas 1

Assinale a alternativa correta:

O calor é transferido da superfície aquecida de uma aleta para o ar ambiente por convecção e radiação. Numa condição de regime permanente e convecção natural, a contribuição da transferência radiativa tende a ser relevante e não pode ser desprezada.

Na superfície de uma aleta aquecida o calor transferido por radiação para o ar ambiente pode ser desprezado numa condição de convecção natural, pois o valor de h é muito alto nesta condição e diminui quando há movimentação forçada de ar.

Na superfície aquecida de uma aleta exposta ao ar ambiente, a transferência de calor ocorre por convecção e radiação. A parcela de contribuição radiativa aumenta se houver movimentação forçada de ar.

Na superfície aquecida de uma aleta exposta ao ar ambiente, a parcela de radiativa de transferência de calor é inversamente proporcional à área desta superfície.

Banco de questões aletas

A1. Calor é uma forma de energia, que pode ser expressa em °C ou calorias

A2. Calor é uma forma de energia, que pode ser expressa em Joules ou calorias.

A3. Calor é uma forma de energia, que pode ser expressa em watts ou calorias.

A4. Calor é uma forma diferenciada de energia que não pode ser expressa em Joules, mas apenas em calorias.

B1. Calor é energia em trânsito, que se transfere entre dois corpos quando há diferença de temperatura entre eles.

B2. Calor e temperatura são grandezas físicas de mesma dimensão, pois só há transferência de calor entre dois corpos quando há diferença de temperatura entre eles.

B3. Calor e temperatura não são grandezas físicas de mesma dimensão, mas só há transferência de calor entre dois corpos quando há diferença de temperatura entre eles.

B4. Calor e temperatura são grandezas físicas de mesma dimensão, e ambos podem ser expressos em °C ou calorias.

C1. A temperatura de um corpo está associada à energia cinética e vibracional de suas moléculas.

C2. A temperatura de um corpo é uma grandeza física que pode ser expressa em °C ou calorias.

C3. A temperatura de um corpo está associada ao grau de agitação de suas moléculas.

C4. A temperatura de um corpo é uma grandeza física que pode ser expressa em °C e em Kelvin.

D1. Ao aquecermos um corpo ocorre a diminuição do grau de agitação de suas moléculas.

D2. Ao resfriarmos um corpo ocorre o aumento do grau de agitação de suas moléculas.

D3. Ao aquecermos um corpo ocorre o aumento do grau de agitação de suas moléculas.

D4. Ao resfriarmos um corpo ocorre a diminuição do grau de agitação de suas moléculas.

E1. Radiação, convecção e condução são mecanismos de transferência de calor

E2. Radiação, reflexão e condução são os três mecanismos de transferência de calor

E3. Radiação, reflexão e convecção são os três mecanismos de transferência de calor

- F1. A convecção do calor é um mecanismo associado à movimentação de uma corrente de fluido.
- F2. A convecção do calor é um mecanismo associado à vibração das partículas de um objeto sólido.
- F3. A condução do calor é um mecanismo associado à movimentação de uma corrente de fluido.
- F4. A condução do calor é um mecanismo associado à vibração das partículas de um objeto sólido.

- G1. A transferência de calor por radiação somente ocorre no vácuo.
- G2. A transferência de calor por radiação pode ocorrer no vácuo.
- G3. Na ausência de um meio material, isto é, no vácuo, o calor é transferido por radiação.
- G4. Na ausência de um meio material, isto é, no vácuo, não ocorre transferência de calor.
- G5. A radiação é o único mecanismo responsável pela transferência de calor no vácuo.

H1. A taxa de transferência de calor entre dois corpos, por convecção, é diretamente proporcional à temperatura do objeto aquecido.

H2. A taxa de transferência de calor entre dois corpos, por convecção, é diretamente proporcional à diferença de temperatura entre eles.

H3. A taxa de transferência de calor por convecção, na superfície externa de um objeto sólido em contato com um fluido, é diretamente proporcional à área desta superfície.

H4. A taxa de transferência de calor por convecção, na superfície externa de um objeto sólido em contato com um fluido, é inversamente proporcional à área desta superfície.

I1. Um objeto sólido aquecido irá resfriar mais rapidamente quando for promovida a movimentação do ar no seu entorno.

I2. Um objeto sólido aquecido irá resfriar mais lentamente quando for promovida a movimentação do ar no seu entorno.

I3. A taxa de transferência de calor por convecção entre um sólido aquecido e o ar ambiente aumenta com o aumento da velocidade do ar junto à superfície sólida.

I4. A taxa de transferência de calor por convecção entre um sólido aquecido e o ar ambiente diminui com o aumento da velocidade do ar junto à superfície sólida.

J1. Aletas são dispositivos utilizados para aumentar a taxa de transferência de calor entre um objeto sólido e o fluido presente no seu entorno.

J2. Aletas são dispositivos utilizados para diminuir a taxa de transferência de calor entre um objeto sólido e o fluido presente no seu entorno.

J3. Aletas são dispositivos utilizados para aumentar a quantidade de calor transferida por unidade de tempo entre um objeto sólido e o fluido presente no seu entorno.

J4. Aletas são dispositivos utilizados para diminuir a quantidade de calor transferida por unidade de tempo entre um objeto sólido e o fluido presente no seu entorno.

K1. A inserção de aletas em um objeto sólido aumenta a área de troca térmica e, conseqüentemente, aumenta a taxa de transferência de calor entre o sólido e o ar ambiente.

K2. A inserção de aletas em um objeto sólido aumenta o coeficiente convectivo de transferência de calor e, conseqüentemente, aumenta a taxa de transferência de calor entre o sólido e o ar ambiente.

K3. A inserção de aletas em um objeto sólido aumenta a área de troca térmica e, conseqüentemente, diminui a taxa de transferência de calor entre o sólido e o ar ambiente.

K4. A inserção de aletas em um objeto sólido diminui o coeficiente convectivo de transferência de calor e, conseqüentemente, aumenta a taxa de transferência de calor entre o sólido e o ar ambiente.

K5. A inserção de aletas em um objeto sólido tem como objetivo aumentar a área de troca térmica entre este objeto e o fluido em seu entorno.

L1. Na superfície exposta de uma aleta ao ar ambiente, a transferência de calor ocorre apenas pelo mecanismo de convecção.

L2. Na superfície exposta de uma aleta ao ar ambiente, a transferência de calor ocorre apenas pelos mecanismos de convecção e condução.

L3. Na superfície exposta de uma aleta aquecida, o calor é transferido para o ar ambiente pelos mecanismos de convecção e radiação.

L4. Na superfície exposta de uma aleta aquecida, o calor é transferido para o ar ambiente apenas pelo mecanismo de condução.

L5. Na interior de uma aleta aquecida, o calor é transferido por condução.

Apêndice 2 - Questionário final, banco de questões.

Calor e Temperatura conceitos A

Assinale a alternativa correta:

Calor é uma forma de energia, e a quantidade de calor contida em um corpo pode ser expressa em Joules ou calorias. A temperatura é uma forma de avaliar o calor contido em um corpo.

A temperatura é uma medida do grau de agitação das moléculas de um corpo. O calor é energia em trânsito, que se transfere de um corpo para outro quando há diferença de temperatura entre eles.

Calor é uma forma de energia cinética, proporcional à temperatura de um corpo. A temperatura é uma medida da velocidade média das moléculas de um corpo.

A temperatura de um corpo é proporcional ao quadrado da velocidade média das partículas de um corpo. O calor contido em um corpo é proporcional à velocidade média de suas moléculas.

Calor e Temperatura conceitos B

Assinale a alternativa correta:

Calor é uma forma de energia, que se transfere quando há diferença de temperatura entre dois corpos. A temperatura é uma medida do grau de agitação das partículas de um corpo.

Calor, ou energia térmica, é a quantidade de energia que se acumula em um corpo, sendo diretamente proporcional à massa e à temperatura do corpo.

Calor é uma forma de energia cinética, proporcional à temperatura de um corpo. A temperatura é uma medida da velocidade média das moléculas de um corpo.

O calor de um corpo é proporcional à temperatura absoluta de um corpo. A temperatura é inversamente proporcional ao quadrado da velocidade média das partículas de um corpo.

Calor e Temperatura conceitos C

Assinale a alternativa correta:

Calor é uma forma de energia, e a quantidade de calor armazenada em um corpo pode ser expressa em watts ou calorias. A temperatura de um corpo é proporcional à velocidade média de suas moléculas.

Calor e temperatura são grandezas físicas de natureza distinta, sendo proporcionais ao grau de agitação das moléculas de um corpo.

Calor é uma forma de energia, que se transfere entre dois corpos quando há diferença de temperatura entre eles. A temperatura é uma medida do grau de agitação das moléculas de um corpo.

Calor é uma forma de energia cinética, proporcional à velocidade média das partículas de um objeto. A temperatura de um objeto está relacionada à quantidade de calor nele contida.

Calor e Temperatura unidades A

Assinale a alternativa correta:

Calor e temperatura são grandezas físicas de natureza distinta. O calor pode ser expresso em calorias ou Joules, e a temperatura pode ser expressa em graus °C ou K.

Calor e temperatura são grandezas físicas de natureza distinta, mas ambas podem ser expressas em °C ou calorias

Calor e temperatura são grandezas físicas de mesma natureza, e ambas podem ser expressas em °C ou calorias.

Calor e temperatura são grandezas físicas de mesma natureza e podem ser expressas com as mesmas unidades, pois o calor aumenta com o aumento da temperatura.

Calor e Temperatura unidades B

Assinale a alternativa correta:

Calor e temperatura são grandezas físicas de natureza distinta, sendo que o calor transferido entre dois corpos é expresso em unidades de energia.

Calor e temperatura são grandezas físicas de natureza distinta, mas ambas podem ser expressas em °C ou calorias

Calor e temperatura são grandezas físicas de mesma natureza e podem ser expressas com as mesmas unidades, pois o calor aumenta com o aumento da temperatura.

Calor e temperatura são grandezas físicas de natureza distinta, mas podem ser expressas com as mesmas unidades, pois tanto calor como a temperatura podem ser expressos em calorias.

Calor e Temperatura unidades C

Assinale a alternativa correta:

Temperatura e calor são grandezas físicas de natureza distinta. O calor pode ser expresso em calorias ou Joules, e a temperatura pode ser expressa em K ou °F.

Calor e temperatura são grandezas físicas de natureza distinta, mas ambas podem ser expressas em °F ou calorias.

Calor e temperatura são grandezas físicas de mesma natureza; e, conseqüentemente, podem ser expressas nas mesmas unidades.

Calor e temperatura são grandezas físicas de natureza distinta, mas que podem ser expressas com as mesmas unidades, pois o calor aumenta com o aumento da temperatura.

Parâmetros em transcal a

Identifique os parâmetros e demais termos associados à transferência de calor.

h

k

ε

σ

constante de Stefan-Boltzmann
coeficiente convectivo de transferência de calor
coeficiente de emissividade
condutividade térmica do sólido

Parâmetros em transcal b

Identifique os parâmetros e demais termos associados à transferência de calor.

h

k

ε

σ

constante de Stefan-Boltzmann
coeficiente convectivo de transferência de calor
coeficiente de emissividade
condutividade térmica do sólido

Mecanismos transf calor A

A equação [[1]] descreve o mecanismo de [[2]], sendo tal equação originalmente proposta por [[3]] ao estudar o resfriamento de um objeto exposto ao ar ambiente. Esse mecanismo é tipicamente associado [[4]]. Nesta equação a taxa de transferência de calor é proporcional à diferença de temperatura entre o objeto e o fluido com o qual ele está em contato.

A equação [[5]] descreve o mecanismo de [[6]], sendo tal equação proposta por [[7]] e tipicamente associado [[8]], no qual o calor é transferido de uma partícula para outra sem que ocorra a movimentação destas partículas. Nesta equação a taxa de transferência de calor é proporcional ao gradiente de temperatura.

A equação [[9]] descreve o mecanismo de [[10]], sendo tal equação proposta por [[11]]. O calor transferido por esse mecanismo ocorre também [[12]] e é proporcional à quarta potência da temperatura absoluta do corpo.

$$q = \varepsilon \cdot \sigma \cdot A \cdot (T_s^4 - T_{amb}^4) \quad q = h \cdot A \cdot (T_s - T_{amb.}) \quad q = -k \cdot A \cdot \frac{dT}{dx}$$

(I) (II) (III)

Mecanismos transf calor B

A equação [[1]] descreve o mecanismo de [[2]] , sendo tal equação proposta por [[3]] . O calor transferido por esse mecanismo ocorre também [[4]] e é proporcional à quarta potência da temperatura absoluta do corpo.

A equação [[5]] , originalmente proposta por [[6]] ao estudar o resfriamento de um objeto exposto ao ar ambiente, descreve o mecanismo de [[7]] , o qual está associado [[8]]. Nesta equação a taxa de transferência de calor é proporcional à diferença de temperatura entre o objeto e o fluido com o qual ele está em contato.

A equação [[9]] descreve o mecanismo de [[10]] , sendo tal equação proposta por [[11]] e tipicamente associada a um objeto sólido , no qual o [[12]] é transferido de uma partícula para outra sem que ocorra a movimentação destas partículas.

$$q = -k \cdot A \cdot \frac{dT}{dx} \quad q = \varepsilon \cdot \sigma \cdot A \cdot (T_s^4 - T_{amb}^4) \quad q = h \cdot A \cdot (T_s - T_{amb.})$$

(I) (II) (III)

Mecanismos transf calor C

A equação [[1]] descreve o mecanismo de [[2]] , sendo tal equação proposta por [[3]] e tipicamente associada a um objeto sólido , no qual o [[4]] é transferido de uma partícula para outra sem que ocorra a movimentação destas partículas.

A equação [[5]] descreve o mecanismo de [[6]] , sendo tal equação proposta por [[7]] . O calor transferido por esse mecanismo ocorre também [[8]] e é proporcional à quarta potência da temperatura absoluta do corpo.

A equação [[9]] , originalmente proposta por [[10]] ao estudar o resfriamento de um objeto exposto ao ar ambiente, descreve o mecanismo de [[11]] , o qual está associado [[12]]. Nesta equação a taxa de transferência de calor é proporcional à diferença de temperatura entre o objeto e o fluido com o qual ele está em contato.

$$q = -k.A. \frac{dT}{dx}$$

(I)

$$q = \epsilon. \sigma. A. (T_s^4 - T_{amb}^4)$$

(II)

$$q = h. A. (T_s - T_{amb.})$$

(III)

Mecanismos transf calor D

A equação [[1]] descreve o mecanismo de [[2]], no qual o calor é transferido de uma partícula para outra, no interior de um [[3]], sem que ocorra a movimentação destas partículas. Esta equação é conhecida como [[4]].

A equação [[5]] descreve o mecanismo de [[6]], sendo tal equação proposta por [[7]]. O calor transferido por esse mecanismo ocorre também no vácuo e é proporcional à [[8]] da temperatura absoluta do corpo.

A partir dos estudos de [[9]] sobre o resfriamento de um objeto exposto ao ar ambiente foi proposta a equação [[10]], que descreve o mecanismo de [[11]], o qual está associado [[12]]. Nessa equação, a taxa de transferência de calor é diretamente proporcional à diferença entre a temperatura do objeto e do ar circundante.

$$q = h. A. (T_s - T_{amb.})$$

(I)

$$q = -k. A. \frac{dT}{dx}$$

(II)

$$q = \epsilon. \sigma. A. (T_s^4 - T_{amb}^4)$$

(III)

Transf calor aletas I _ A

Analise as sentenças abaixo e assinale a alternativa correta:

I. O calor é transferido da superfície aquecida de uma aleta para o ar por convecção e radiação.

II. Aletas são utilizadas para aumentar a superfície de troca térmica entre um objeto sólido e o ar; e, conseqüentemente, para diminuir a taxa de transferência de calor nesta superfície.

Apenas a afirmativa I está correta.

Apenas a afirmativa II está correta.

Todas as afirmativas estão corretas.

Nenhuma alternativa está correta.

Transf calor aletas I _ B

Analise as sentenças abaixo e assinale a alternativa correta:

I. O calor é transferido da superfície aquecida de uma aleta para o ar por convecção e radiação.

II. Aletas são utilizadas para aumentar a superfície de troca térmica entre um objeto sólido e o ar; e, consequentemente, para aumentar a taxa de transferência de calor nesta superfície.

Apenas a afirmativa I está correta.

Apenas a afirmativa II está correta.

Todas as afirmativas estão corretas.

Nenhuma alternativa está correta.

Transf calor aletas I _ C

Analise as sentenças abaixo e assinale a alternativa correta:

I. O calor é transferido da superfície aquecida de uma aleta para o ar apenas por convecção.

II. Aletas são utilizadas para aumentar a superfície de troca térmica entre um objeto sólido e o ar; e, consequentemente, para diminuir a taxa de transferência de calor nesta superfície.

Apenas a afirmativa I está correta.

Apenas a afirmativa II está correta.

Todas as afirmativas estão corretas.

Nenhuma alternativa está correta.

Transf calor aletas I _ D

Analise as sentenças abaixo e assinale a alternativa correta:

I. O calor é transferido da superfície aquecida de uma aleta para o ar apenas por convecção.

II. Aletas são utilizadas para aumentar a superfície de troca térmica entre um objeto sólido e o ar; e, consequentemente, para aumentar a taxa de transferência de calor nesta superfície.

Apenas a afirmativa I está correta.

Apenas a afirmativa II está correta.

Todas as afirmativas estão corretas.

Nenhuma alternativa está correta.

Transf calor aletas I _ E

Analise as sentenças abaixo e assinale a alternativa correta:

I. Aletas são utilizadas para aumentar a superfície de troca térmica entre um objeto sólido e o ar; e, consequentemente, para aumentar a taxa de transferência de calor nesta superfície.

II. O calor é transferido da superfície aquecida de uma aleta para o ar apenas por condução e radiação.

Apenas a afirmativa I está correta.

Apenas a afirmativa II está correta.

Todas as afirmativas estão corretas.

Nenhuma alternativa está correta.

Transf calor aletas II _ A

Analise as sentenças abaixo e assinale a alternativa correta:

I. A movimentação forçada do ar na superfície de uma aleta tende a aumentar o valor do coeficiente de película e, consequentemente, também irá aumentar o calor transferido por radiação nesta superfície.

II. Quanto maior for o coeficiente de emissividade da superfície da aleta, maior será o calor transferido por convecção nesta superfície.

III. No experimento realizado foi utilizado uma barra metálica pintada de preto, o que tornou a taxa de transferência de calor por radiação na superfície da aleta maior que o valor dessa taxa para uma barra metálica polida.

Apenas a afirmativa I está correta.

Apenas as afirmativas II e III estão corretas.

Apenas a afirmativa III está correta.

Apenas as afirmativas I e II estão corretas

Transf calor aletas II _ B

Analise as sentenças abaixo e assinale a alternativa correta:

I. A movimentação forçada do ar na superfície de uma aleta tende a aumentar o valor do coeficiente de película e, consequentemente, também irá aumentar o calor transferido por convecção nesta superfície.

II. Quanto maior for o coeficiente de emissividade da superfície da aleta, maior será o calor transferido por radiação nesta superfície.

III. No experimento realizado foi utilizado uma barra metálica pintada de preto, o que tornou a taxa de transferência de calor por radiação na superfície da aleta menor que o valor dessa taxa para uma barra metálica polida.

Apenas a afirmativa I está correta.

Apenas as afirmativas II e III estão corretas.

Apenas a afirmativa III está correta.

Apenas as afirmativas I e II estão corretas

Transf calor aletas II _ C

Analise as sentenças abaixo e assinale a alternativa correta:

I. No experimento realizado foi utilizado uma barra metálica pintada de preto, o que tornou a taxa de transferência de calor por radiação na superfície da aleta maior que o valor dessa taxa para uma barra metálica polida.

II. A movimentação forçada do ar na superfície de uma aleta tende a diminuir o valor do coeficiente de película e, conseqüentemente, também irá diminuir o calor transferido por convecção nesta superfície.

III. Quanto menor for o coeficiente de emissividade da superfície da aleta, menor será o calor transferido por radiação nesta superfície.

Apenas a afirmativa I está correta.

Apenas as afirmativas II e III estão corretas.

Apenas a afirmativa III está correta.

Apenas as afirmativas I e II estão corretas

Transf calor aletas II _ D

Analise as sentenças abaixo e assinale a alternativa correta:

I. No experimento realizado foi utilizado uma barra metálica pintada de preto, o que tornou a taxa de transferência de calor por radiação na superfície da aleta menor que o valor dessa taxa para uma barra metálica polida.

II. A movimentação forçada do ar na superfície de uma aleta tende a aumentar o valor do coeficiente de película e, conseqüentemente, também irá aumentar o calor transferido por convecção nesta superfície.

III. Quanto maior for o coeficiente de emissividade da superfície da aleta, maior será o calor transferido por radiação nesta superfície.

Apenas a afirmativa I está correta.

Apenas as afirmativas II e III estão corretas.

Apenas a afirmativa III está correta.

Apenas as afirmativas I e II estão corretas

Transf calor aletas II _ E

Analise as sentenças abaixo e assinale a alternativa correta:

I. No experimento realizado foi utilizado uma barra metálica pintada de preto, o que tornou a taxa de transferência de calor por radiação na superfície da aleta menor que o valor dessa taxa para uma barra metálica polida.

II. Quanto maior for o coeficiente de emissividade da superfície da aleta, maior será o calor transferido por radiação nesta superfície.

III. A movimentação forçada do ar na superfície de uma aleta tende a diminuir o valor do coeficiente de película e, conseqüentemente, também irá diminuir o calor transferido por convecção nesta superfície.

Apenas a afirmativa I está correta.

Apenas as afirmativas II e III estão corretas.

Apenas a afirmativa III está correta.

Apenas as afirmativas I e II estão corretas

Perfil temperatura aletas A

No experimento proposto, os ensaios realizados possibilitam obter o perfil de temperatura ao longo de uma aleta (perfil experimental). O perfil experimental é comparado com dois perfis teóricos de temperatura. Analise as sentenças abaixo

I. Os desvios entre o perfil experimental e o perfil teórico que considera a transferência de calor por radiação e convecção são menores que os desvios entre o perfil experimental e o perfil teórico que considera apenas a transferência de calor por convecção na superfície da aleta

II. O perfil teórico que considera apenas a convecção na superfície da aleta apresenta valores de temperatura menores que os valores correspondentes ao perfil teórico que considera a convecção e a radiação nesta superfície.

Apenas a afirmativa I está correta.

Todas as afirmativas estão corretas.

Apenas a afirmativa II está correta.

Nenhuma afirmativa está correta.

Perfil temperatura aletas B

No experimento proposto, os ensaios realizados possibilitam obter o perfil de temperatura ao longo de uma aleta (perfil experimental). O perfil experimental é comparado com dois perfis teóricos de temperatura. Analise as sentenças abaixo

I. Um dos perfis teóricos está associado a um modelo que considera a transferência de calor apenas por radiação na superfície da aleta; e, o outro, a um modelo que considera a transferência de calor por convecção e radiação nesta superfície.

II. O perfil teórico que considera apenas a radiação na superfície da aleta apresenta valores de temperatura menores que os valores correspondentes ao perfil teórico que considera a convecção e a radiação nesta superfície.

Apenas a afirmativa I está correta.

Todas as afirmativas estão corretas.

Apenas a afirmativa II está correta.

Nenhuma afirmativa está correta

Perfil temperatura aletas C

No experimento proposto, os ensaios realizados possibilitam obter o perfil de temperatura ao longo de uma aleta (perfil experimental). O perfil experimental é comparado com dois perfis teóricos de temperatura. Analise as sentenças abaixo

I. Um dos perfis teóricos está associado a um modelo que considera a transferência de calor apenas por convecção na superfície da aleta; e, o outro, a um modelo que considera a transferência de calor por convecção e radiação nesta superfície.

II. O perfil teórico que considera apenas a convecção na superfície da aleta apresenta valores de temperatura maiores que os valores correspondentes ao perfil teórico que considera a convecção e a radiação nesta superfície.

Apenas a afirmativa I está correta.

Todas as afirmativas estão corretas.

Apenas a afirmativa II está correta.

Nenhuma afirmativa está correta

Perfil temperatura aletas D

No experimento proposto, os ensaios realizados possibilitam obter o perfil de temperatura ao longo de uma aleta (perfil experimental). O perfil experimental é comparado com dois perfis teóricos de temperatura. Analise as sentenças abaixo

I. Os desvios entre o perfil experimental e o perfil teórico que considera a transferência de calor por radiação e convecção são maiores que os desvios entre o perfil experimental e o perfil teórico que considera apenas a transferência de calor por convecção na superfície da aleta

II. O perfil teórico que considera apenas a convecção na superfície da aleta apresenta valores de temperatura maiores que os valores correspondentes ao perfil teórico que considera a convecção e a radiação nesta superfície.

Apenas a afirmativa I está correta.

Todas as afirmativas estão corretas.

Apenas a afirmativa II está correta.

Nenhuma afirmativa está correta

Perfil temperatura aletas E

No experimento proposto, os ensaios realizados possibilitam obter o perfil de temperatura ao longo de uma aleta (perfil experimental). O perfil experimental é comparado com dois perfis teóricos de temperatura. Analise as sentenças abaixo

I. Um dos perfis teóricos está associado a um modelo que considera a transferência de calor apenas por convecção na superfície da aleta; e, o outro, a um modelo que considera a transferência de calor apenas por radiação nesta superfície.

II. Os desvios entre o perfil experimental e o perfil teórico são menores quando se considera a transferência de calor por convecção e radiação na superfície da aleta.

Apenas a afirmativa I está correta.

Todas as afirmativas estão corretas.

Apenas a afirmativa II está correta.

Nenhuma afirmativa está correta

Perfil temperatura aletas F

No experimento proposto, os ensaios realizados possibilitam obter o perfil de temperatura ao longo de uma aleta (perfil experimental). O perfil experimental é comparado com dois perfis teóricos de temperatura. Analise as sentenças abaixo

I. Um dos perfis teóricos está associado a um modelo que considera a transferência de calor apenas por convecção na

superfície da aleta; e, o outro, a um modelo que considera a transferência de calor por convecção e radiação nesta superfície.

II. Os desvios entre o perfil experimental e o perfil teórico são menores quando se considera a transferência de calor apenas por convecção na superfície da aleta.

Apenas a afirmativa I está correta.

Todas as afirmativas estão corretas.

Apenas a afirmativa II está correta.

Nenhuma afirmativa está correta.

Apêndice 3 - Questionário de avaliação final.

1. O que você achou do Questionário Prévio, no que diz respeito à clareza das questões formuladas e sua adequação ao assunto abordado no minicurso?

- (0) Sem opinião
- (1) Muito ruim
- (2) Ruim
- (3) Regular
- (4) Bom
- (5) Muito bom

2. Como você avalia o grau de dificuldade do Questionário Prévio?

- (0) Sem opinião
- (1) Muito difícil
- (2) Difícil
- (3) Regular
- (4) Fácil
- (5) Muito fácil

3. Em relação ao Questionário Prévio, assinale TODAS as alternativas com as quais você concorda

- O número de questões é adequado
- O número de questões é excessivo, tornando cansativa esta tarefa
- O número de questões é insuficiente para avaliar o conhecimento do aluno
- As questões são muito fáceis, o que não permite avaliar o conhecimento prévio do aluno
- As questões são muito difíceis, o que não possibilita uma avaliação adequada do conhecimento prévio do aluno
- O grau de dificuldade das questões apresentadas é adequado
- As dúvidas suscitadas e os questionamentos apresentados nesta atividade tendem a estimular o aprendizado do aluno nas demais atividades do minicurso
- As dúvidas suscitadas nesta atividade tendem a confundir o aluno, dificultando sua aprendizagem nas demais atividades do minicurso
- Esta atividade não influencia no aprendizado do aluno nas demais atividades do minicurso, mas deve ser mantida pois possibilita avaliar o grau de aprendizagem no minicurso
- Esta atividade não influencia no aprendizado do aluno nas demais atividades do minicurso, e deve ser excluída

4. O que você achou da videoaula, no que diz respeito ao tempo de duração:

- (0) Sem opinião
- (1) Muito curto

- (2) Curto
- (3) Adequado
- (4) Longo
- (5) Muito longo

5. O que você achou da vídeo aula, no que diz respeito às imagens e animações apresentadas:

- (0) Sem opinião
- (1) As imagens e animações estão adequadas ao conteúdo abordado no vídeo
- (2) As imagens e animações poderiam ser melhor selecionadas para se adequar ao conteúdo abordado no vídeo
- (3) As imagens e animações selecionadas estão fora do contexto do conteúdo abordado no vídeo
- (4) As imagens e animações selecionadas estão totalmente fora de contexto e são inadequadas ao conteúdo abordado no vídeo

6. O que você achou da videoaula no que diz respeito à sincronização do áudio com a sincronização das imagens e animações?

- (0) Sem opinião
- (1) Áudio e imagens estão sincronizados, facilitando a compreensão do conteúdo apresentado na videoaula
- (2) Há pequenas falhas na sincronização entre áudio e imagens, mas tais falhas não prejudicam o entendimento do conteúdo ministrado
- (3) Áudio e imagens estão fora de sincronia, dificultando a compreensão do conteúdo apresentado na videoaula
- (4) Áudio e imagens estão totalmente fora de sincronia, dificultando em demasia a compreensão do conteúdo apresentado na videoaula

7. Em relação à Videoaula, assinale TODAS as alternativas com as quais você concorda

- Os conteúdos ministrados, a linguagem utilizada e as imagens apresentadas estão adequados aos objetivos do minicurso
- A linguagem utilizada, o roteiro, a estrutura narrativa e a produção estão organizados de forma a facilitar a aprendizagem do assunto abordado
- O roteiro, a estrutura narrativa e a produção estão organizados de forma inadequada, pois a Videoaula é muito longa e apresenta um conteúdo muito extenso, dificultando a aprendizagem do assunto abordado
- A Videoaula tem um tempo de duração longo e o conteúdo abordado é extenso, mas o acesso assíncrono possibilita ao aluno visualizações sucessivas dos trechos que se mostraram mais difíceis de serem compreendidos
- De modo geral, a Videoaula facilita a aprendizagem e propicia ao aluno uma melhor compreensão dos ensaios realizados na aula experimental
- De modo geral, a Videoaula é dispensável, pois as informações ali contidas podem ser facilmente acessadas em um livro didático que trata do assunto
- Os conceitos abordados são muito difíceis e o conteúdo é demasiadamente complexo em relação aos

objetivos da Aula Experimental, de modo que a Videoaula não auxilia na compreensão dos ensaios realizados na Aula Experimental

A inserção desta atividade é fundamental para facilitar o aprendizado do conteúdo abordado, pois possibilita uma visão inicial do assunto a partir de explicações detalhadas dos conceitos teóricos e exemplos numéricos das equações empregadas

8. O que você achou do Questionário Final, no que diz respeito à clareza das questões formuladas e sua adequação ao assunto abordado no minicurso?

- (0) Sem opinião
- (1) Muito Ruim
- (2) Ruim
- (3) Regular
- (4) Bom
- (5) Muito bom

9. Como você avalia o grau de dificuldade do Questionário Final?

- (0) Sem opinião
- (1) Muito difícil
- (2) Difícil
- (3) Regular
- (4) Fácil
- (5) Muito fácil

10. Em relação ao Questionário Final, assinale TODAS as alternativas com as quais você concorda.

- O número de questões é adequado
- O número de questões é excessivo, tornando cansativa esta tarefa
- O número de questões é insuficiente para avaliar o conhecimento adquirido pelo aluno durante o minicurso
- As questões são muito fáceis, o que não permite avaliar o conhecimento adquirido pelo aluno durante o minicurso
- As questões são muito difíceis, o que não possibilita uma avaliação adequada do conhecimento adquirido durante o minicurso
- O grau de dificuldade das questões apresentadas é adequado
- As dúvidas suscitadas nesta atividade tendem a confundir o aluno e prejudicar sua aprendizagem
- A realização desta atividade é útil para fixar o conhecimento adquirido pelo aluno, bem como para avaliar a eficiência do minicurso
- A realização desta atividade possibilita fixar o conhecimento adquirido pelo aluno e demonstrar a validade da metodologia empregada no minicurso
- A realização desta atividade não é útil para o aluno, mas deve ser mantida para avaliar o grau de aprendizagem no minicurso

- A realização desta atividade não é útil para o aluno, e deve ser excluída

11. Em relação à Aula Experimental, assinale TODAS as alternativas com as quais você concorda.

- A aula experimental possibilita uma melhor aprendizagem do conteúdo ministrado, pois a visualização dos ensaios é útil e esclarecedora, possibilitando ao aluno dirimir dúvidas diretamente com o professor.
- A aula experimental é necessária e indispensável, pois permite interação com o professor e demais alunos, propiciando dirimir dúvidas e observar o comportamento térmico de uma aleta na prática.
- A aula experimental foi longa e cansativa, e a visualização na forma remota (não presencial) desta atividade é uma modalidade inadequada e ineficiente do ponto de vista da aprendizagem.
- A aula experimental foi útil e esclarecedora, mas a realização na forma remota (não-presencial) desta atividade dificulta a aprendizagem.
- A aula experimental foi regular, pois a realização na forma remota não possibilita uma aprendizagem adequada.
- A aula experimental foi útil e esclarecedora, e mostrou-se vinculada com as demais atividades do minicurso: questionários e videoaula.
- A aula experimental foi útil e esclarecedora, mas não havia relação entre as atividades práticas e o conteúdo abordado nas atividades iniciais do minicurso.
- A aula experimental é melhor compreendida após realizar o questionário inicial e a videoaula, pois isto possibilita uma vinculação da teoria com a prática.
- A videoaula e o questionário inicial são dispensáveis, pois a aula experimental é útil e esclarecedora e o conteúdo teórico pode ser acessado em livros didáticos.

12. Escreva aqui suas críticas, comentários e sugestões a respeito das atividades que integram este minicurso