


## Gradientes termográficos em indústria ceramista na Amazônia como ferramenta didática no processo de ensino tecnológico

Thermographic gradients in the ceramic industry in the Amazon as a didactic tool in the technological teaching process

**Gelson Dias Florentino**  <https://orcid.org/0000-0002-0133-8607>  
Museu Paraense Emílio Goeldi  
e-mail - dias.gelson@gmail.com

**Lucieta Guerreiro Martorano**  <https://orcid.org/0000-0003-3893-3781>  
Embrapa Amazônia Oriental/NAPT  
e-mail - lucieta.martorano@embrapa.br

**Ires Paula de Andrade Miranda**  <https://orcid.org/0000-0002-0414-2183>  
Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia  
e-mail - ires@inpa.gov.br

**Werlleson Nascimento**  <https://orcid.org/0000-0001-6320-5589>  
Universidade Federal do Oeste do Pará  
e-mail - werlleson.nascimento@gmail.com

### Resumo

O processo de secagem de artefatos cerâmicos em olarias é realizado em fornos pré-aquecidos visando uma homogeneidade na distribuição de calor. O objetivo neste trabalho foi avaliar gradientes térmicos a partir de imagens termográficas de fornos em plena atividade no polo ceramista de Iranduba-AM, no intuito de subsidiar professores e alunos da educação tecnológica que tenham interesse em utilizar novas tecnologias no processo de ensino-aprendizagem. Os termogramas foram analisados em dois diferentes dias de queima de tijolos. Foram analisadas possíveis respostas termográficas considerando as condições climáticas na área de estudo, baseado na série histórica homogênea do período de 1981 a 2010. Os termogramas gerados foram analisados no programa Flir Tools, 6.3v, sendo considerados padrões térmicos em ordem decrescente, identificados pelas cores: branco, vermelho, amarelo, verde e azul. De acordo com a climatologia da região, o mês de agosto marca a menor precipitação acumulada (mm) e a maior temperatura média do ar (°C). O alvo mais quente foi o centro do forno (padrão branco), apresentando temperatura superior a 160 °C. No interior dos fornos as temperaturas atingem valores entre 700 a 800 °C. As demais camadas apresentavam padrão termográfico normal e homogêneo, diminuindo o fluxo de calor à medida que ocorria o processo de condução térmica. Conclui-se que a termografia infravermelha é uma tecnologia inovadora que fornece diagnóstico e respostas térmicas de diferentes alvos com alta precisão, possibilitando a ampliação do uso de ferramentas técnico-científicas

na pesquisa e a conectividade de alunos e professores a novos recursos no processo de ensino-aprendizagem.

**Palavras-chave:** Recursos tecnológicos. Processo produtivo. Processo de ensino-aprendizagem.

### **Abstract**

The drying process of ceramic artifacts in pottery is carried out in preheated ovens aiming at homogeneity in the heat distribution. The objective of this work was to evaluate thermal gradients based on thermographic images of ovens in full activity at the ceramist pole in Iranduba-AM, in order to subsidize teachers and students of technological education who are interested in using new technologies in the teaching-learning process. Thermograms were analyzed on two different brick burning days. Possible thermographic responses were analyzed considering the climatic conditions in the study area, based on the homogeneous historical series from 1981 to 2010. The generated thermograms were analyzed in the Flir Tools program, 6.3v, being considered thermal patterns in decreasing order, identified by colors: white, red, yellow, green and blue. According to the climatology of the region, the month of August marks the lowest accumulated precipitation (mm) and the highest average air temperature ( $^{\circ}$  C). The hottest target was the center of the oven (white pattern), with a temperature above  $160^{\circ}$  C. Inside the ovens, temperatures reach values between  $700$  to  $800^{\circ}$  C. The other layers had a normal and homogeneous thermographic pattern, decreasing the heat flow as the thermal conduction process took place. It is concluded that infrared thermography is an innovative technology that provides diagnosis and thermal responses of different targets with high precision, enabling the expansion of the use of technical-scientific tools in research and the connectivity of students and teachers to new resources in the teaching process-learning.

**Keywords:** Technological resources. Productive process. Teaching-learning process.

### **Introdução**

A ciência tem evoluído de forma rápida e progressiva para dinamizar, quantificar e ampliar o nível de detalhamento de informações técnico-científicas no sistema educacional. A extensa variedade de recursos disponíveis na natureza vem possibilitando a manufatura e produção de equipamentos tecnológicos voltados ao aprimoramento das tecnologias educacionais ou ao monitoramento de padrões de respostas em diferentes alvos produtivos. Computadores, máquinas fotográficas digitais, celulares, softwares e processos de automação da engenharia robótica são importantes recursos que se interconectam, transformam e facilitam a educação tecnológica.

O professor continua sendo uma das mais importantes fontes de informação e experiências práticas para o seu aluno. Contudo, a imensa quantidade de dados e o acesso facilitado às inúmeras ferramentas tecnológicas retiraram do professor tanto a possibilidade de ele poder dominar todo o conhecimento em sua área, como o privilégio de ser o único intermediário entre a ciência e seus alunos (MASETTO,



2011; MACIEL; LIMA, 2020). O desenvolvimento e aprimoramento dessas ferramentas vêm sendo notado como algo absolutamente necessário para a melhoria tanto das práticas de ensino como dos processos produtivos. Para MASETTO (2011), quando um jovem chega ao ensino superior apenas acostumado com sobrecarga de informações, sem está continuamente familiarizado com o controle e fluxo dessas informações, ele apresenta dificuldade para criticar e selecionar as que de fato lhe interessam. Por outro lado, o uso adequado desses recursos possibilita a apresentação e busca de informações cada vez mais precisas, facilitando, sobretudo, a integração de tecnologias educacionais e a tomada de decisões. Dentre esses equipamentos, destaca-se o termógrafo, cujas imagens termais capturadas apresentam informações instantâneas relacionadas à fisiologia humana, ambiência ou à eficiência de processos produtivos (CORTIZO *et al.*, 2008; BAGAVATHIAPPAN *et al.*, 2013).

O termógrafo de infravermelho já é uma ferramenta bastante empregada em várias áreas do conhecimento, visto que a termografia pode auxiliar tanto no estudo de conforto ambiental quanto no padrão e variabilidade de energia térmica transferida ao sistema a partir de dados biofísicos. A termografia infravermelho é um método de rápida detecção de gradientes térmicos em alvos, não radiativo e não invasivo (CRUZ-ALBARRAN *et al.*, 2018; SINGH *et al.*, 2018) e pode ser utilizado em diferentes áreas do conhecimento técnico-científico (MARTORANO *et al.*, 2017). A radiação possibilita a perda de calor, a partir da condução térmica de um objeto para outro sem contato físico (TEIXEIRA *et al.*, 2018). Independentemente do valor da energia do sistema, da resistência térmica ou material empregado no processo produtivo, a transferência de energia na forma de calor pode ocorrer por condução, convecção e radiação (HALLIDAY *et al.*, 2016; ROCHA *et al.* 2018). Nas olarias de Iranduba, a propagação de calor aos artefatos cerâmicos ocorre com a queima do combustível (lenha) no interior dos fornos. Grande parte do calor propagado ocorre por condução entre os materiais. A condução pode ser entendida como a transferência de energia resultante da interação de partículas de maior energia de uma dada substância com partículas adjacentes de menor energia, tendo-se gradientes de temperatura entre o interior e o exterior, devido à distribuição desigual de temperatura no sistema (SANTOS, 2001; BERGMAN *et al.*, 2014). A taxa de calor transferido depende da magnitude do gradiente de temperatura (diferença de temperatura por unidade de comprimento ou taxa de variação da temperatura). Quanto maior o gradiente térmico, maior a taxa de transferência de calor (ÇENGEL; GHAJAR, 2012).

As disciplinas da área de física são consideradas uma das mais difíceis de serem assimiladas pelos alunos do ensino fundamental e médio, em decorrência da falta de atividades experimentais e a baixa taxa de inovação e integração de tecnologias educacionais (PENA; RIBEIRO FILHO, 2009; MONTEIRO PEREIRA; CARACRISTI, 2019; WESENDONK; TERRAZZAN, 2020). A adoção de ferramentas didáticas como a termografia infravermelho no campo da eletricidade pode motivar aos alunos e introduzir experiências inovadoras no processo de ensino-aprendizagem.

Neste contexto, objetivou-se avaliar os padrões de condução de calor utilizando a termografia infravermelho, no intuito de oferecer alternativas de ensino tecnológico e subsidiar possíveis estratégias de melhoria no sistema de produção das indústrias ceramistas de Iranduba, Amazonas, Brasil.

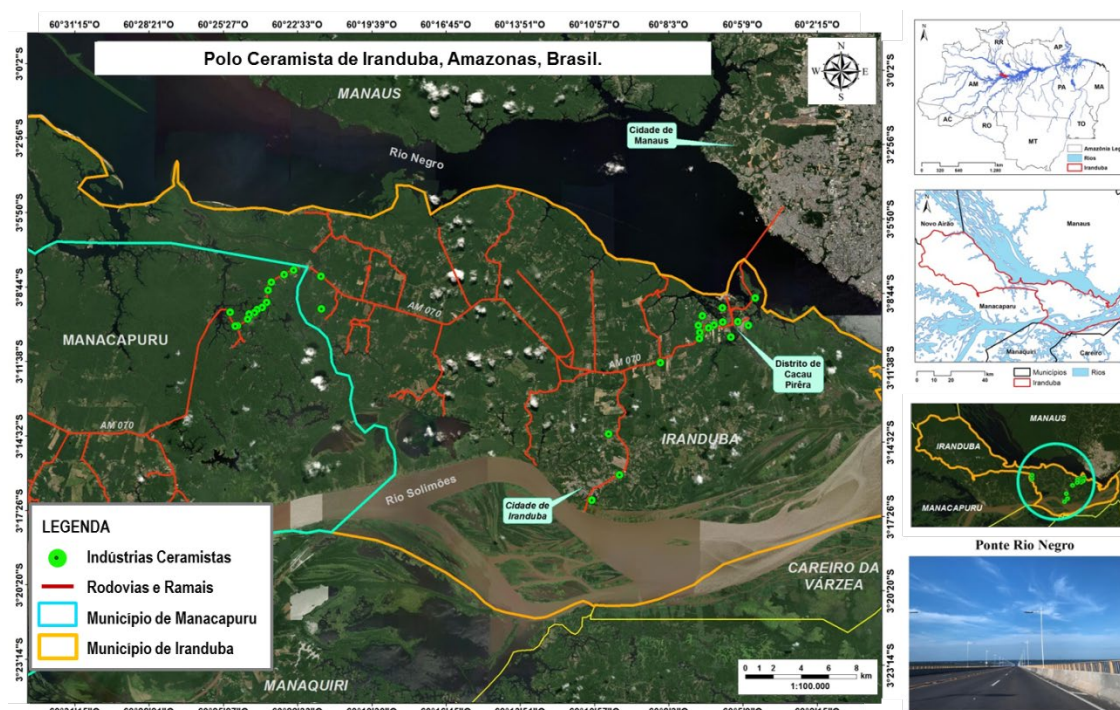


## Material e Métodos

A área de estudo compõe parte da Região Metropolitana de Manaus (RMM), constituída de extensa diversidade e potencial geológico de argila utilizada na fabricação de cerâmica vermelha.

Estabelecido no entorno da Rodovia Manoel Urbano (AM-070), o polo ceramista de Iranduba está localizado à margem direita do rio Negro, frontal à cidade de Manaus, com acesso e escoamento da produção realizado via ponte Rio Negro, conforme Figura 1.

Figura 1 - Localização do polo ceramista de Iranduba, Amazonas.



Fonte: Autores (2020)

O experimento foi realizado em uma das indústrias localizadas no polo ceramista de Iranduba ( $3^{\circ}08'19.8''S$   $60^{\circ}21'39.3''W$ ), Amazonas, Brasil, conforme evidenciado na Figura 1. Vale ressaltar que as condições climáticas que regem a área de estudo predominam na faixa tipológica  $Am_3$  (MARTORANO *et al.* 2015; FLORENTINO *et al.*, 2019), indicando que no mês menos chuvoso os eventos contabilizam valores abaixo de 60 mm, ocorrendo em agosto as menores cotas pluviométricas. Essa tipologia climática inclui-se na faixa de totais de chuva anual variando entre 2000 a 2500 mm. Em termos de temperatura média anual, os valores ultrapassam os  $27,0^{\circ}C$ , com umidade relativa do ar oscilando entre 80 a 85%. Informa-se que de acordo com as Normas climatológicas (INMET, 2019), a época mais pluviosa acontece de dezembro a maio, com redução das chuvas nos meses de junho a novembro.

No período inicial das coletas, foram realizadas capturas de imagens termográficas das áreas de queima de tijolos nos meses de agosto e novembro de 2018. Os alvos avaliados foram os fornos semicontínuos, do tipo paulistinha, que é considerado um dos mais utilizados no processo de queima de tijolos no polo ceramista de Iranduba. Os fornos ficam distribuídos no interior da indústria de forma sequenciada, os quais são construídos embaixo de uma estrutura de ferro, com cobertura de zinco e



abertura nas laterais para facilitar a entrada de matéria prima e a retirada dos artefatos produzidos. Como referência utilizou-se a temperatura na entrada e nas bordas do forno, bem como a forma de condução de calor nos alvos da Unidade Experimental.

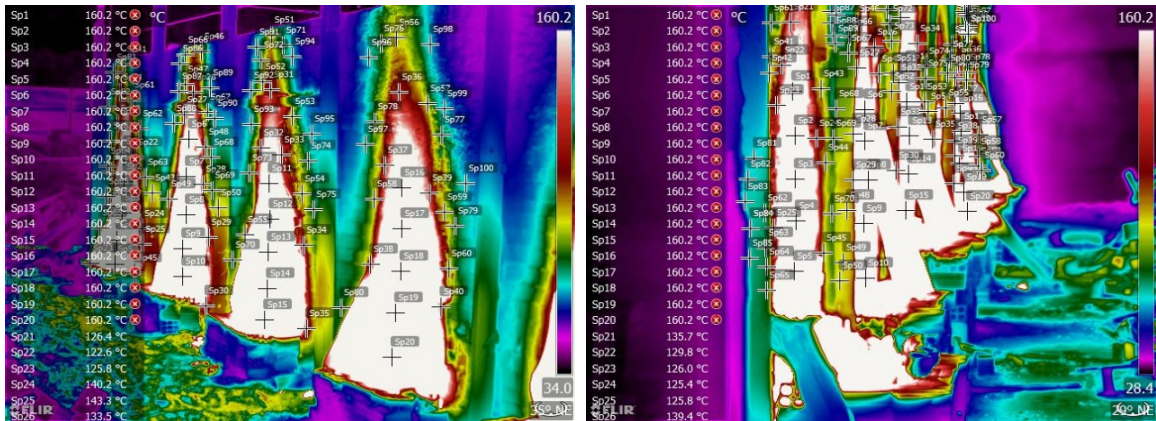
Foram realizadas capturas de imagens termográficas em dois momentos distintos, às 15h00min do dia 16/08/2018 e 15h00min do dia 23/11/2018, nos meses de agosto e novembro, respectivamente, considerando-se a temperatura frontal do forno, as bordas (entorno) e plumas de calor formadas durante o processo de cozimento dos tijolos, localizado no ambiente interno da indústria ceramista. Seguindo os princípios de condução térmica (Lei de Fourier) as diferenças térmicas expressam a capacidade em que o calor se propaga nos alvos analisados a partir dos termogramas.

Utilizando-se dos pressupostos da Lei de Fourier, é possível quantificar o processo de transferência de calor na superfície dos fornos. Então, considerando que  $L$  seja a espessura e  $A$  seja a área do bloco de concreto na entrada dos fornos, a taxa de fluxo de calor médio necessário para a queima dos artefatos cerâmicos dependerá do tempo e da posição da superfície. Sendo assim, é possível perceber que a combinação de recursos tecnológicos com os princípios complexos da condução térmica (Lei de Fourier), tanto em laboratórios de pesquisa como em processos produtivos industriais, pode facilitar a percepção e aplicação de conhecimentos teóricos no campo da eletricidade, introduzindo experiências inovadoras no processo de ensino-aprendizagem aos estudantes. A utilização da termografia infravermelho aumenta a precisão, reduz incertezas e amplia a eficiência do processo estudado, resultando em ganhos de aprendizado aos alunos, professores, técnicos e pesquisadores que buscam manter-se na vanguarda do conhecimento técnico-científico.

Para avaliar as respostas termográficas, utilizou-se uma câmera termográfica, na faixa do infravermelho próximo (FLIR T650sc, Wilsonville, OR, EUA, 2015). As coletas foram realizadas usando lente de 25 mm com ampla escala térmica que vai de  $-40$  a  $+150$  °C, indicando que a sensibilidade térmica do equipamento é da ordem de 50mK ( $<0,05$  °C à temperatura ambiente de 30 °C). A faixa de comprimento de ondas varia de 0,7  $\mu\text{m}$  a 100  $\mu\text{m}$ . Todavia, as respostas térmicas dos alvos variam entre 0,7 a 3,0  $\mu\text{m}$ . O equipamento utilizado apresenta resolução de infravermelhos de 640 x 480 pixels e adotou-se o índice de emissividade de 0,95, considerando-se o potencial máximo de emissividade. As imagens foram tratadas no ambiente computacional de tratamento de imagens Flir Tools, 6.3v (FLIR Systems, Inc., Wilsonville, OR, EUA, 2015). Adotou-se como método de seleção dos padrões térmicos a paleta de cores "Hainbow HC", usando-se a medição em forma de pontos na coleta dos padrões térmicos. Assim sendo, as cores selecionadas foram: branco, vermelho, amarelo, verde e azul, coletando-se cinco (05) amostras em cada padrão de temperatura nos alvos (Figura 2).



Figura 2 – Tratamento de imagem termográfica na ferramenta Flir Tools.



Fonte: Autores (2020)

Foram exportados os valores para planilhas eletrônicas e posteriormente foram extraídas as medidas de dispersão, usando o software BioEstat, versão 5.3 (AYRES *et al.*, 2007). No software *R for Windows* R Core Team (2018) foram analisados os dados em forma de box-plot para avaliar simetrias e assimetrias em cada padrão térmico nos alvos analisados.

As condições de tempo em Manaus nos dias das coletas termográficas estão demonstradas na Tabela 1. Esses dados meteorológicos são disponibilizados pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), monitorados em estação automática (Latitude 3°06'19"S e Longitude 60°00'49"W).

Tabela 1 – Valores médios e extremos nos dias das coletas de campo registrados na estação meteorológica do INMET, Manaus, Amazonas, Brasil.

Variáveis Meteorológicas	Data do Experimento	
	16/08/2018	23/11/2018
Temperatura Média no horário da coleta (°C)	30,5	24,7
Umidade Relativa Máxima Média (%)	58	90
Radiação solar global (kJ.m <sup>-2</sup> )	3014	615,5
Precipitação pluvial (mm)	0	1

Fonte: INMET (2019)

É possível observar que a temperatura do ar no horário da primeira coleta (16/08/2018) foi de 30,5 °C, indicando que em agosto a atmosfera apresentava temperatura elevada e baixa umidade relativa do ar (58%) em relação ao dia 23/11/2018, que estava mais úmido (90%) e a temperatura abaixo de 25,0 °C. Os dados de radiação solar global reforçam que em agosto ocorriam as maiores cargas térmicas oriundas dos raios solares em relação ao mês de novembro, quando ocorreu a segunda etapa de diagnóstico termográfico (Tabela 1).

## Resultados e Discussão

Ao analisar o padrão termográfico do forno e a dinâmica térmica nos alvos, observou-se que tanto nas imagens obtidas no mês de agosto quanto nas imagens capturadas no mês de novembro, a temperatura no centro dos fornos (padrão branco) manteve-se com valores superiores a 160 °C. A homogeneidade das variações térmicas reforça que essas superfícies de respostas apresentam temperaturas médias da ordem de 800 °C, conforme observado nos termômetros



que controlam o calor no período de secagem dos artefatos cerâmicos. O padrão vermelho apresentou temperaturas médias de  $130,2 \pm 2,0$  °C no mês de agosto e  $127,8 \pm 2,0$  °C no mês de novembro, respectivamente. O padrão amarelo apresentou valores médios de  $99,7 \pm 2,0$  °C no mês de agosto e  $96,8 \pm 2,0$  °C no mês de novembro, respectivamente. O padrão das temperaturas médias nos espectros verde e azul também apresentaram-se homogêneos. A paleta verde apresentou temperaturas médias de  $85,5 \pm 2,0$  °C no mês de agosto e  $80,0 \pm 2,0$  °C no mês de novembro, respectivamente. Já a paleta do padrão azul apresentou temperaturas médias de  $75,4 \pm 2,0$  °C no mês de agosto e  $66,7 \pm 2,0$  °C no mês de novembro, respectivamente. A dinâmica do fluxo de calor nos alvos evidencia que a condução térmica se dispersa rapidamente do centro de aquecimento dos fornos para as extremidades, indicando que as maiores cargas térmicas estão no centro do forno. Como a câmara possui capacidade máxima de 150 °C, os valores térmicos mais elevados são semelhantes, ou seja, ultrapassam os 160 °C, indicando que todas as áreas nessa faixa podem estar dentro da capacidade máxima de calor nos fornos. As temperaturas médias de queima nos fornos variam entre 700 °C e 800 °C, no entanto, o interesse da pesquisa foi exatamente monitorar a dissipação de calor no entorno para identificar o processo de distribuição de calor nos fornos e a potencial carga nos ambientes de trabalho. As condições atmosféricas em agosto evidenciavam valores térmicos mais elevados, de modo que o padrão de dissipação da energia calorífica foi diferenciado ao comparar com a paleta no padrão vermelho, sendo as temperaturas mais baixas detectadas no mês de novembro.

É importante destacar que as temperaturas expandem a amplitude térmica à medida que o padrão de cor vai passando do amarelo para o verde e para as áreas mais frias, identificadas na cor azul. Esse comportamento indica a transferência de partículas térmicas de uma área com temperatura mais elevada para outra área com temperatura inferior (Tabela 2).

Tabela 2 – Valores de temperaturas médias, máximas e mínimas.

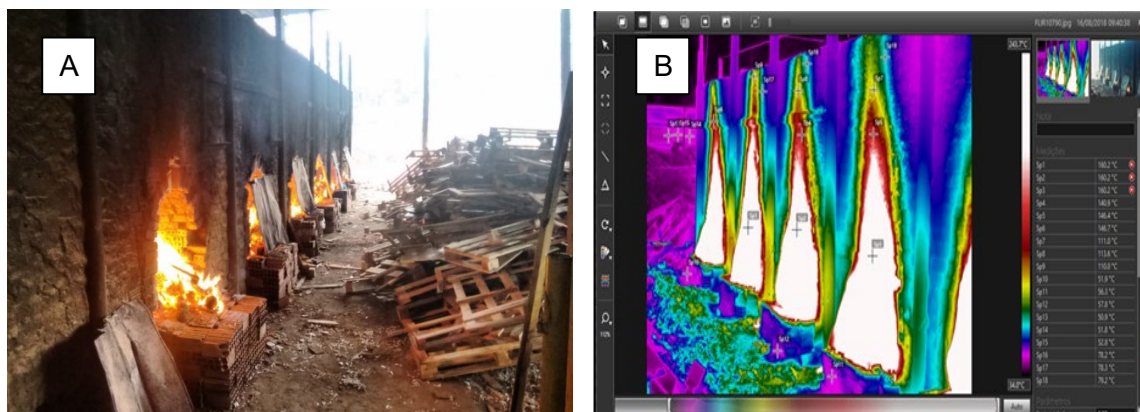
Padrões	Branco		Vermelho		Amarelo		Verde		Azul	
	Ago	Nov	Ago	Nov	Ago	Nov	Ago	Nov	Ago	Nov
Temperatura Média	160.24	160.24	130.19	127.83	99.71	96.84	85.50	79.67	75.35	66.69
Máxima	160.24	160.24	143.28	149.50	104.23	103.72	88.04	85.96	77.92	70.70
Mínima	160.24	160.24	120.78	111.59	97.09	90.37	81.27	73.05	73.14	63.95

Fonte: Autores (2019)

A secagem dos artefatos cerâmicos é uma das etapas mais importantes do processo produtivo nas olarias de Iranduba-AM. Os produtos são submetidos a temperaturas controladas que variam entre 700 °C a 1.000 °C, em fornos semicontínuos, principalmente do tipo paulistinha (Figura 3A). O ciclo de queima envolve o aquecimento do forno, a manutenção da temperatura durante o processo de queima e o resfriamento do forno. As imagens termográficas foram realizadas considerando-se a temperatura frontal do forno, as bordas (entorno) e plumas de calor formadas durante o processo de cozimento dos tijolos. A tabela 2 expressa a capacidade com que o calor se propaga nos alvos avaliados a partir dos termogramas gerados nos meses de Agosto e Novembro. Os fornos apresentavam temperatura interna superior a 160 °C (Figura 3B) no momento das imagens termográficas, confirmando que o alvo mais quente é o centro do forno (padrão branco).



Figura 3 – Características e aspectos termográficos do forno em plena atividade no polo ceramista de Iranduba-AM.



(a) Forno do tipo paulistinha em plena atividade; (b) Imagem termográfica do forno em atividade.

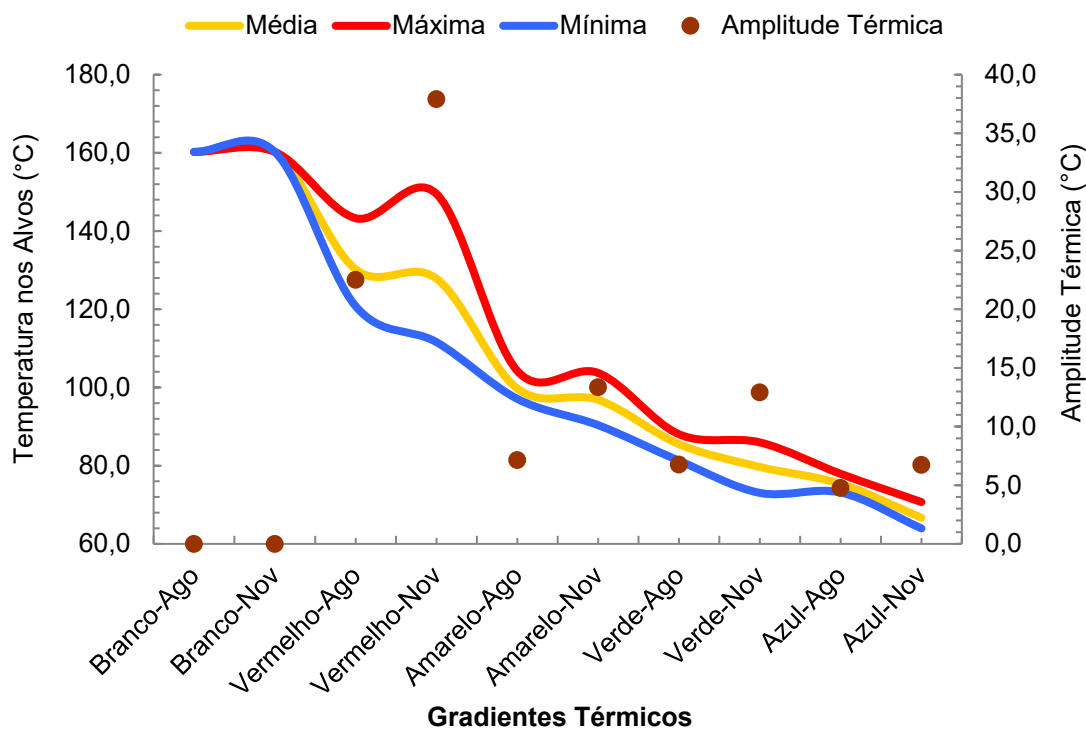
Fonte: Autores (2019)

Nas Figuras 4 e 5, identifica-se que as maiores variações térmicas foram detectadas na faixa de cor vermelha, no mês de novembro. Ao analisar o padrão de dissipação nos dois dias de coleta, observou-se que as temperaturas variaram mais no espectro verde, também no mês de novembro, indicando que quanto mais elevada for a temperatura do ambiente, como no mês de agosto, o sistema forno-ambiente se manterá mais aquecido. As maiores amplitudes térmicas detectadas no mês de novembro reforçam que o ambiente estando menos aquecido proporciona maior dissipação de calor nas extremidades dos fornos, potencializando as condições de redução de calor aos funcionários das indústrias ceramistas de Iranduba, no estado do Amazonas.

Observou-se que independente do padrão analisado, tanto as temperaturas no mês de agosto quanto às ocorridas no mês de novembro apresentaram valores extremamente elevados no local onde a matéria prima (combustível) era incendiada. Os padrões térmicos diagnosticam a pluma de condução de calor que propaga o fluxo térmico do centro do forno para as áreas mais externas nas unidades de secagem dos artefatos cerâmicos. O processo de transmissão de calor ocorre entre as partículas que compõem o material, fazendo com que as áreas com temperatura mais elevada transfiram parte da energia para áreas com temperatura mais baixas, conforme PELLEGRINI (2019). Observou-se ainda que ao longo da curva de transferência de calor, as camadas mais próximas do combustível utilizado na queima de tijolos estavam com temperaturas mais elevadas, diminuindo à medida que ocorria o processo de condução térmica ( $t_1 > t_2$ ), sempre no sentido das temperaturas mais altas para as mais baixas.

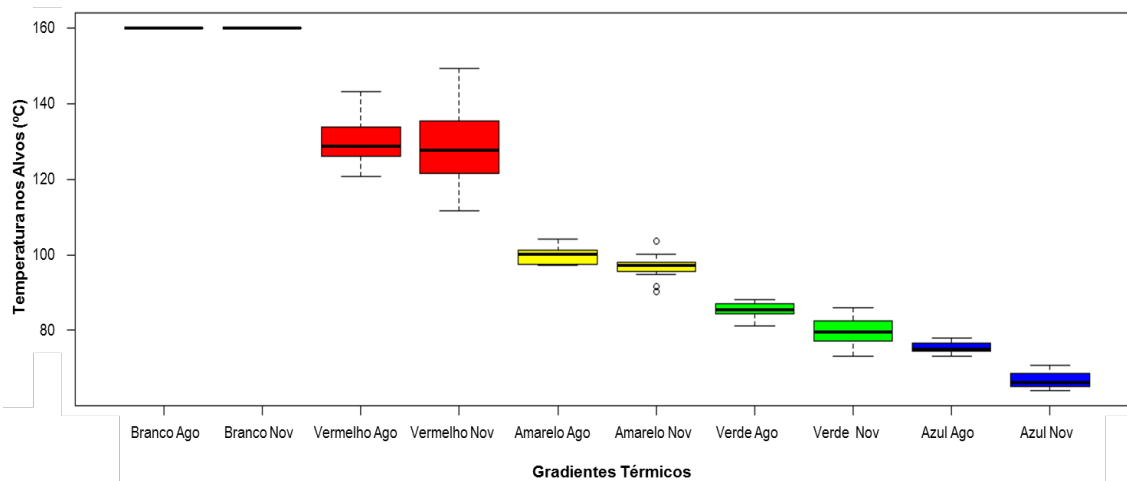


Figura 4 – Gradientes térmicos em fornos na indústria ceramista.



Fonte: Autores (2019)

Figura 5 – Box-plot dos gradientes térmicos em forno.



Fonte: Autores (2019)

Esses resultados corroboram KRÜGER *et al.* (2008), que também observaram que a quantidade de calor se dá de forma diretamente proporcional à superfície e ao gradiente de temperatura superficial, seguindo um fluxo térmico durante o processo de condução. As reações endotérmicas que resultam na completa eliminação da água e cristalização dos artefatos cerâmicos ocorrem no interior dos fornos, durante o processo de queima. Os efeitos da mistura e porosidade dos artefatos cerâmicos podem afetar os níveis de temperatura e condutividade do fluxo térmico. As condições ideais do processo de secagem ocorrem quando a remoção da água é



realizada, promovendo os menores gradientes de umidade e temperatura dentro da estrutura do material e reduzindo defeitos como rachaduras e deformações (ARAÚJO *et al.*, 2019).

Ao comparar os valores dos gradientes termográficas dos alvos pesquisados com as variáveis térmico-hídricas em Manaus referentes aos meses de coletas de dados em campo, verificou-se que agosto é o mês menos chuvoso na área de estudo.

As temperaturas médias indicam que as temperaturas aumentam de julho a setembro. Em novembro, quando ocorreu a segunda coleta de dados termográficos, verificou-se que as temperaturas estavam próximas às ocorridas no mês de agosto, reforçando que os efeitos de condução de calor no forno decorriam apenas do processo de aquecimento oriundo do material utilizado para secagem dos artefatos cerâmicos.

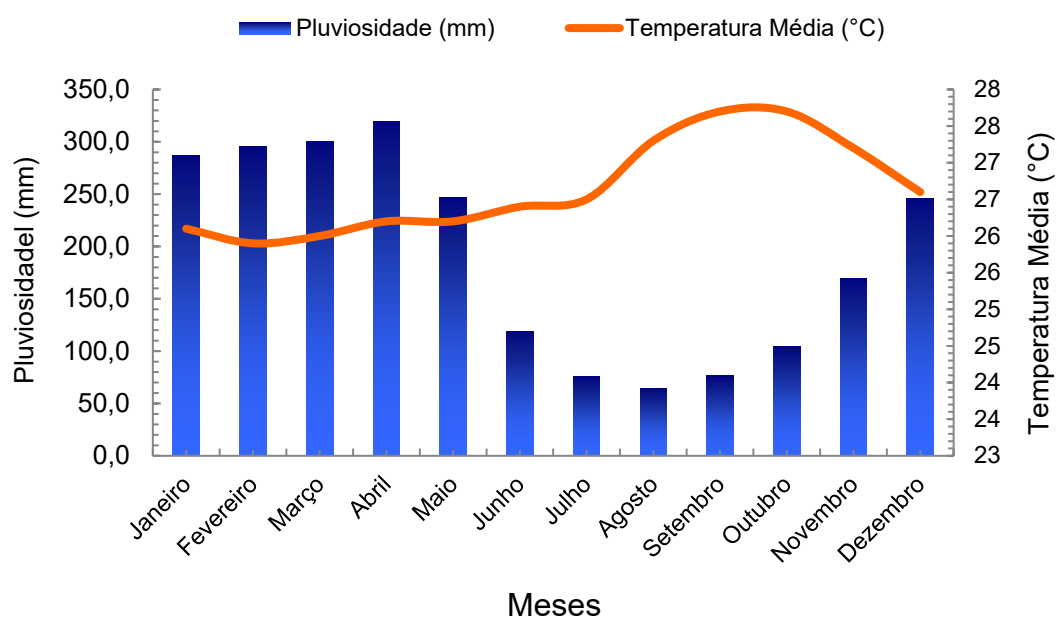
Os colaboradores (fornecedores) que atuam diretamente no processo de queima de tijolos se submetem a um maior índice de insalubridade, diante altas temperaturas e umidade, agravada pela inalação de fuligem em seu ambiente de trabalho gerada pela combustão do material. O estresse térmico depende não só de fatores individuais, como o metabolismo e o isolamento térmico do vestuário, mas, também, de fatores do ambiente envolvente, tais como temperatura, velocidade e umidade do ar (LAMBERTS *et al.*, 2008).

Ao comparar o padrão termográfico das imagens capturadas dos alvos com as variáveis meteorológicas nos dias e horários do experimento, verificou-se que a temperatura do ar estava em média com 24,8 °C, umidade relativa do ar com 89,3%, não havendo registro de chuva no período do experimento. Agosto é o mês menos chuvoso (47,3 mm), com umidade relativa do ar média de 77% e temperaturas máxima de 32,3°C, mínima de 23,0°C e média de 27,3°C, na área de estudo.

Entre julho a setembro as temperaturas se elevam, evidenciando que esses são os meses que demandam maiores atenções quanto às elevações térmicas na Unidade Produtiva. Em média a precipitação pluvial anual é de 2.307,4 mm, tendo março o mês mais chuvoso (335,4 mm). Vale ressaltar que a precipitação pluvial anual varia entre 2000 a 2300 mm, temperatura do ar média anual superior a 27°C e umidade relativa variando entre 80 a 85% (Figura 6).



Figura 6 – Variabilidade do regime pluvial e térmico na área de estudo.



Fonte: Autores (2019)

Ao analisar os dados de temperaturas obtidos na estação meteorológica do INMET nos dias 16/08/2018 e 23/11/2018, verificou-se que as condições de tempo de agosto e novembro apresentavam valores em ordem de grandezas diferentes, indicando possíveis efeitos na temperatura dos alvos, expressos nos valores dos padrões térmicos obtidos no mês de agosto.

Essas variações nas condições ambientais podem afetar a capacidade produtiva individual e coletiva das pessoas que trabalham diretamente nas áreas de secagem dos artefatos produzidos, em razão do desconforto, cansaço físico e mental (SILVA *et al.*, 2018).

A utilização da termografia em sistemas produtivos possibilita a identificação dos níveis de temperatura e conforto térmico, correlacionando-a com as variáveis climáticas. Além de possibilitar a adoção de estratégias para a melhoria do sistema produtivo, o uso dessa ferramenta tecnológica pode colaborar no desenvolvimento da capacidade dos estudantes em coletar informações, interagir com as fontes, analisar e interpretar dados, entender conceitos e princípios científicos, estimular a comunicação e a colaboração entre eles e com os professores através de originais e motivadoras atividades educativas (SANTOS; ZANOTELLO, 2019).

## Conclusões

As imagens termográficas confirmam que a temperatura no centro dos fornos é superior a 160 °C, e que as demais camadas apresentam temperaturas inferiores, diminuindo à medida que ocorre o processo de condução térmica, sempre no sentido das temperaturas mais altas para as mais baixas. Por outro lado, o horário e o período das coletas podem ter influenciado na temperatura dos fornos e, conseqüentemente, nos resultados do experimento. Os termogramas são diagnósticos precisos sob as condições em que os alvos se encontram, indicando



reduzidas amplitudes térmicas nos fornos utilizados durante a queima de tijolos no polo ceramista de Iranduba.

Como instrumento técnico-científico, a utilização do termógrafo de infravermelho pode contribuir para aprimorar a qualidade do ensino e conectar alunos e professores aos diferentes e novos métodos de ensino.

No que se refere aos aspectos educacionais, o uso de ferramentas como a termografia infravermelho no processo de ensino, pode tornar a aprendizagem mais significativa, sobretudo na compreensão e aplicação das ciências físicas.

## Agradecimentos

Os autores expressam seus agradecimentos à Embrapa pela oportunidade em disponibilizar o termógrafo infravermelho para realização desta pesquisa. Esses agradecimentos são extensivos à UFAM/Bionorte pela parceria na formação de novas competências na Amazônia.

## Referências

ARAÚJO, Morgana de Vasconcellos *et al.* **Industrial Ceramic Brick Drying in Oven by CFD**. *Materials*, v. 12, p. 1612, 2019. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6566802/>. Acesso em: 14 Jun. 2019.

AYRES, Manuel *et al.* **BioEstat: Aplicações estatísticas nas áreas das ciências biomédicas**. Belém-PA, 364p, 2007.

BAGAVATHIAPPAN, Subramainam *et al.* **Infrared thermography for condition monitoring: a review**. *Infrared Physics & Technology*, 1, (60):35-55, 2013.

BERGMAN, Theodore L. *et al.* **Fundamentos de transferência de calor e de massa**. 7.ed. Rio de Janeiro, LTC: 2014.

CORTIZO, Eduardo Cabaleiro; BARBOSA, Marcos Pinotti; SOUZA, Luiz Antônio Cruz. **Estado da Arte da Termografia**. Fórum Patrimônio: Ambiente Construído e Patrimônio Sustentável (UFMG. Online), v. 2, p. 2, 2008. Disponível em: <[http://www.forumpatrimonio.com.br/seer/index.php/forum\\_patrimonio/article/view/97](http://www.forumpatrimonio.com.br/seer/index.php/forum_patrimonio/article/view/97)> Acesso em: 22 Jan. 2020.

ÇENGEL, Yunus A.; GHAJAR, Afshin J. **Transferência de calor e massa: uma abordagem prática**. 4. Ed. Porto Alegre: AMGH, 2012.

CRUZ-ALBARRAN, Irving A. *et al.* A methodology based on infrared thermography for the study of stress in hands of young people during the Trier Social Stress Test. **Infrared Physics & Technology**, (93) 116-123, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.infrared.2018.07.017>.

FLIR T650sc. **Manual da FLIR T650sc Systems 6.3v**. Wilsonville, OR, EUA, 2015.

FLORENTINO, Gelson Dias *et al.* **Dynamics of Space and Time of the Production Chain of the Ceramic Industry Production Center of Iranduba, Amazonas, Brazil**. *Sustainability*, v. 11, p. 5576, 2019.



HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; WALKER, Jearl. **Fundamentos de física**, vol. 2: gravitação, ondas e termodinâmica. Tradução: Ronaldo Sérgio de Biasi. 10. ed. Rio de Janeiro, RJ: LTC, 2016.

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. Estação Meteorológica de Observação de Superfície Automática, Dados da Estação Automática: Manaus (AM). Série Histórica. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=estacoes/estacoesAutomaticas>> Acesso em: 04 Jul. 2019.

KRÜGER, Eduardo L.; ADRIAZOLA, Marcia Keiko Ono; SUZUKI, Eimi Veridiane. Medições de fluxo de calor em painéis de madeira empregados em protótipos para vedação de paredes. In: XII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído (ENTAC), 2008, Fortaleza CE. **Anais [...]**. Porto Alegre - RS: Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído (ANTAC), 2008. v. 1. p. 1-11.

LAMBERTS, Roberto et. al. **Conforto e Stress Térmico, Laboratório de Eficiência Energética em Edificações, Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil, 2008**. Disponível em: <[http://www.labee.ufsc.br/sites/default/files/disciplinas/ECV4200\\_apostila%202011.pdf\\_2.pdf](http://www.labee.ufsc.br/sites/default/files/disciplinas/ECV4200_apostila%202011.pdf_2.pdf)> Acesso em: 02 Dez 2019.

MACIEL, Wilma Lima; LIMA, Conceição Maria Dias de. **O Uso da Tecnologia como Facilitadora para Resolução de Atividades Extraclasse**. *Diversitas Journal*, v. 5, p. 566-580, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.17648/diversitas-journal-v5i1-1021>> Acesso em: 15 Jan. 2020.

MARTORANO, Lucieta Guerreiro *et al.* **Evidence of Ecological Resilience Clusters to climate typology in the Amazon Rainforest: a methodological proposal**. In: INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE "OUR COMMON FUTURE UNDER CLIMATE CHANGE", 2015, Paris. Abstract book. [S.l.: s.n.], p. 264.

MARTORANO, Lucieta Guerreiro *et al.* **Climate conditions in the eastern amazon: Rainfall variability in Belem and indicative of soil water deficit**. *AFRICAN JOURNAL OF AGRICULTURAL RESEARCH*, v. 12, p. 1801-1810, 2017. <http://dx.doi.org/10.5897/ajar2016.11801>.

MASETTO, Marcos Tarciso. **Inovação na aula universitária: espaço de pesquisa, construção de conhecimento interdisciplinar, espaço de aprendizagem e tecnologias de comunicação**. *PERSPECTIVA*, Florianópolis, v.29, n. 2, 597-620, jul/dez. 2011. <https://doi.org/10.5007/2175-795X.2011v29n2p597>.

PELLEGRINI, Cláudio de Castro. **A busca pelo copo ideal: um estudo de otimização em transferência de calor**. *Revista Brasileira de Ensino da Física*. v. 41, n.3, 2019. <https://doi.org/10.1590/1806-9126-rbef-2018-0234>.

PENA, Fábio Luís Alves; RIBEIRO FILHO, Aurino. **Obstáculos para o uso da experimentação no ensino de Física: um estudo a partir de relatos de experiências pedagógicas brasileiras publicados em periódicos nacionais da área (1971-2006)**. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 9, p. 4, 2009. Disponível em:



<<https://periodicos.ufmg.br/index.php/rbpec/article/view/4008>> Acesso em: 02 Dez. 2019.

MONTEIRO PEREIRA, Clelfa; CARACRISTI, Isorlanda. **Atividades experimentais como prática de ensino-aprendizagem de temas de Geografia Física no Ensino Médio**. Revista de Geociências do Nordeste, v. 6, n. 1, p. 01-19, 30 dez. 2019. Disponível em: <<https://periodicos.ufrn.br/revistadoregne/article/view/18768>> Acesso em: 13 Jan. 2020.

PILATO, Gersica Camargo *et al.* Padrões de alvos em sistema pecuário extensivo diagnosticados por termografia infravermelho no oeste do Pará. **Revista Agroecossistemas**, v. 10, p. 55, 2018. Disponível em: <https://periodicos.ufpa.br/index.php/agroecossistemas/article/view/5234>. Acesso em: 18 Jun. 2019.

R Core Team (2018). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.

ROCHA, Joaquin Humberto Aquino *et al.* **Deteção de infiltração em áreas internas de edificações com termografia infravermelha**: estudo de caso. Ambiente Construído (Online), v. 18, p. 329-340, 2018. <https://doi.org/10.1590/s1678-86212018000400308>.

SANTOS, Gabriel Mann dos. **Estudo do comportamento térmico de um forno túnel aplicado à indústria de cerâmica vermelha**. 2001. 136 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis-SC, 2001.

SANTOS, Verônica Gomes dos; ZANOTELLO, Marcelo. **Ensino de Ciências e Recursos Tecnológicos nos Anos Iniciais da Educação Básica**. Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências – RBPEC, v.19, 683–708, 2019. <https://doi.org/10.28976/1984-2686rbpec2019u683708>.

SILVA, Nara Kethilin França *et al.* **Conforto Térmico em Habitações de Interesse Social**: um Estudo Aplicado a uma Unidade de Saúde da Família. Revista Uniciências, v. 22, n. 1, p. 2-7, 2018. <http://dx.doi.org/10.17921/1415-5141.2018v22n1p2-7>.

SINGH, Jaspreet; KUMAR, Sachin; ARORA, Ajat Shatru. Thermographic evaluation of mindfulness meditation using dynamic IR imaging. **Infrared Physics & Technology**, (95) 81-87, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.infrared.2018.10.029>.

TEIXEIRA, Vanessa Amorim *et al.* **Pecuária leiteira de precisão**: utilização da termografia infravermelho na produção e reprodução animal. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2018. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1094402/pecuaria-leiteira-de-precisao-utilizacao-da-termografia-infravermelho-na-producao-e-reproducao-animal>> Acesso em: 15 Dez. 2019.

WESENDONK, Fernanda Sauzem; TERRAZZAN, Eduardo Adolfo. Condições acadêmico-profissionais para a utilização de experimentações por professores de Física do Ensino Médio. **ENSINO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA EM REVISTA**, v. 10, p. 39-55, 2020. <http://dx.doi.org/10.31512/encitec.v10i1.2754>.



---

**Recebido:** 05/03/20

**Aprovado:** 01/06/20

**Como citar:** FLORENTINO, G. D.; *et al.* Gradientes termográficos em indústria ceramista na Amazônia como ferramenta didática no processo de ensino tecnológico. **Revista de Estudos e Pesquisa sobre Ensino Tecnológico (EDUCITEC)**, v. 6, Edição Especial, e120120, 2020.

**Direito autoral:** Este artigo está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.

