IV CONGRESSO INTERNACIONAL DAS **CIÊNCIAS AGRÁRIAS** COINTER - PDVAgro 2019

MODELAGEM MATEMÁTICA: A LEI DO RESFRIAMENTO DE NEWTON E SUA APLICAÇÃO NO CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE ALIMENTOS DO INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO PARÁ CAMPUS CASTANHAL.

MODELADO MATEMÁTICO: LA LEY DE ENFRIAMIENTO DE NEWTON Y SU APLICACIÓN EN EL CURSO DE GRADUACIÓN EN INGENIERÍA DE ALIMENTOS DEL INSTITUTO FEDERAL DE EDUCACIÓN, CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE PARÁ CAMPUS CASTANHAL.

MATHEMATICAL MODELING: THE LAW OF NEWTON COOLING AND ITS APPLICATION IN THE GRADUATION COURSE IN FOOD ENGINEERING OF THE FEDERAL INSTITUTE OF EDUCATION, SCIENCE AND TECHNOLOGY OF PARÁ CAMPUS CASTANHAL.

Apresentação: Comunicação Oral

Leandro Jose de Oliveira Mindelo¹; Cleidson Barbosa Favacho²; Tatiana Gomes Cardoso³
Robsonson da Silveira Espíndola⁴; Adriano Rocha⁵

DOI: <https://doi.org/10.31692/2526-7701.IVCOINTERPDVAgro.2019.0065>

Resumo

O presente trabalho tem como objetivo a implementação da modelagem matemática por meio de equações diferenciais, a lei de Resfriamento de Newton em disciplina específicas do curso de engenharia de alimentos, mesmo com o uso e com as equações ainda há a deficiência em conciliar os conteúdos teóricos de sala de aula com a aplicabilidade dessas equações na prática em disciplinas específicas, as equações diferenciais tem uma grande área de aplicação em grande variedade das áreas do conhecimento, pode ser aplicada em ciências como Biologia, Economia, Engenharia, Física, Gastronomia, Psicologia. Perpassando a área das ciências naturais as equações englobam, economia, movimentação financeira até o comportamento

¹ Engenharia de Alimentos, IFPA-Campus castanhal, leandromindelo50@gmail.com

² Engenharia de Alimentos, IFPA-Campus castanhal, cleidsonbfavacho@gmail.com

³ Engenharia de Alimentos, IFPA-Campus castanhal, tatianaKrdoso@gmail.com

⁴ Engenharia de alimentos, IFPA-Campus castanhal, robsonespindola4@gmail.com

⁵ Mestre, Universidade Federal do Pará, adrianorocha@ifpa.edu.br

humano, nas ciências exatas esse tipo de equação tem um maior índice de aplicabilidade comparada as demais, Newton foi um dos precursores do desenvolvimento do cálculo e da física, em seus muitos estudos publicou anonimamente um artigo intitulado “Scala Graduum Caloris”, onde era capaz de calcular com exatidão a taxa de variação de temperatura até 100°C, algo que era impossível na época, essa equação ficou denominada como a Lei de resfriamento de Newton, a qual tem uma grande variedade de aplicação, sendo mencionados a construção civil, processos termodinâmicos, balística, estudos de tempo de morte de cadáveres, resfriamento de frutas e hortaliças e assim por diante.

A aplicabilidade da lei de resfriamento de Newton pode ser verificada na tecnologia de alimentos em processo de resfriamento de leite. Dessa forma a metodologia utilizada para a pesquisa foi baseada no acompanhamento da produção de iogurtes em uma cooperativa agropecuária, os dados obtidos para o desenvolvimento da equação foram obtidos no painel de controle da fermentadora de iogurtes, os resultados obtidos com a pesquisa ficou baseado na revisão da literatura na qual foi possível observa grande variedade de aplicabilidade da equação em conteúdo específicos de tecnologias de alimentos, assim como a concretização de dados obtidos na cooperativa por meio do desenvolvimento da lei de resfriamento de Newton na prática a qual foi possível observar que há grande índice de aplicabilidade da equação no processo.

Palavras-Chave: Lei de Resfriamento de Newton, equação diferencial e cálculo.

Resumen

El presente trabajo tuvo como objetivo principal la implementación de modelos matemáticos a través de ecuaciones diferenciales, la ley de Newton del enfriamiento en la disciplina específica del curso de ingeniería de alimentos, incluso con la convivencia y con las ecuaciones todavía existe una deficiencia en la conciliación de los contenidos clásicos con los La aplicabilidad de estas ecuaciones en la práctica en disciplinas específicas, las ecuaciones diferenciales tienen un área de aplicación grande en una amplia variedad de áreas de conocimiento, se puede aplicar en ciencias tales como biología, economía, ingeniería, física, gastronomía, psicología. A lo largo de las ciencias naturales, las ecuaciones abarcan, la economía, el movimiento financiero hasta el comportamiento humano, en las ciencias este tipo de ecuación tiene un mayor índice de aplicabilidad en comparación con los demás, Newton fue uno de los precursores del desarrollo del cálculo y la física, en sus muchos estudios publicaron

anónimamente un artículo titulado "Scala Graduum Caloris", en el que pudo calcular con precisión la tasa de cambio de temperatura hasta 100°C , algo que en ese momento era imposible, esta ecuación se denominó Ley de enfriamiento de Newton. La cual tiene una gran variedad de aplicaciones, mencionando la construcción civil, procesos termodinámicos, balística, estudios de cadáveres de cadáveres, enfriamiento de frutas y verduras, etc. La aplicabilidad de la Ley de enfriamiento de Newton puede emplearse en la tecnología de alimentos en el proceso de enfriamiento de leche, yogur y en la fusión de una simple bola de helado. Así, la metodología utilizada para la investigación se basó en el monitoreo de la producción de yogur en una cooperativa agrícola, los datos obtenidos para el desarrollo de la ecuación se obtuvieron en el panel de control del fermentador de yogur, los resultados obtenidos con la investigación se basaron en La literatura sobre la cual fue posible observar la gran variedad de aplicabilidad de la ecuación en contenidos específicos de tecnologías de alimentos, así como el cumplimiento de los datos obtenidos en la cooperativa a través del desarrollo de la ley de enfriamiento de Newton en la práctica que fue posible Tenga en cuenta que hay un gran índice de aplicabilidad de la ecuación en el curso..

Palabras Clave: Ley de enfriamiento de Newton, ecuación diferencial y cálculo.

Abstract

The present work had as main objective the implementation of mathematical modeling through differential equations, Newton's law of cooling in specific discipline of the course of food engineering, even with the conviviality and with the equations there is still a deficiency in reconciling the contents classics with the applicability of these equations in practice in specific disciplines, the differential equations have a large application area in a wide variety of areas of knowledge, can be applied in sciences such as Biology, Economics, Engineering, Physics, Gastronomy, Psychology . Throughout the natural sciences, equations encompass, economics, financial movement up to human behavior, in the sciences this type of equation has a greater index of applicability compared to the others, Newton was one of the precursors of the development of calculus and physics, in his many studies anonymously published an article entitled "Scala Graduum Caloris," where he was able to accurately calculate the rate of change of temperature up to 100°C , something that was impossible at the time, this equation was denominated as Newton's Cooling Law , which has a great variety of application, being mentioned the civil construction, thermodynamic processes, ballistics, dead bodies studies of

corpses, cooling of fruits and vegetables and so on.

The applicability of the Newton Cooling Act may be employed in the technology of food in the process of cooling milk, yogurt as well as in the melting of a simple ball of ice cream. Thus the methodology used for the research was based on the monitoring of yoghurt production in an agricultural cooperative, the data obtained for the development of the equation were obtained in the control panel of the yoghurt fermenter, the results obtained with the research was based on the review of the literature in which it was possible to observe a great variety of applicability of the equation in specific contents of food technologies, as well as the accomplishment of data obtained in the cooperative through the development of Newton's cooling law in practice which was possible to observe that there is great index of applicability of the equation in the course.

Keywords: Newton's Cooling Law, differential equation and calculation.

Introdução

De acordo com Pereira e Barbosa (2018), a teoria na matemática é de suma importância, pois leva ao conhecimento do aluno o que o homem foi capaz de criar e desenvolver para buscar na ciência resposta para o que acontece ao seu redor. Quando as técnicas matemáticas são absorvidas de fato, é capaz de se observar através da prática a importância dos fundamentos matemáticos no cotidiano das pessoas, assim como na implementação nas áreas de cursos universitários.

De acordo com Corrallo e Junqueira (2015), a literatura tem grande ausência de experimentos de física para os alguns cursos universitários, e o grande problema é a aplicação do conteúdo teórico na prática. Em grande parte das engenharias, as equações diferenciais ordinárias ocupam um vasto espaço tanto na parte teórica. Assim, as aplicações dessas equações em disciplinas práticas ficam em segundo plano, como a Lei de Resfriamento de Newton que permite prever o tempo necessário para se obter o esfriamento ou aquecimento de um determinado corpo em um meio condutor.

Essa equação está presente em diversas áreas das ciências como Biologia, Economia, Engenharia, Física, Gastronomia, Psicologia, entre outras, mesmo sendo pouco vista em nosso dia a dia, ainda assim, estão presentes no cotidiano das pessoas, como por exemplo, a taxa de resfriamento em relação à temperatura do corpo e a do meio ambiente, ou no cálculo de juros

compostos (ALITOLIF, 2011).

A Lei de Resfriamento de Newton tem grande aplicabilidade no campo das engenharias, a qual pode ser empregada na construção civil, processos termodinâmicos e uma grande variedade, principalmente no curso de engenharia de alimentos , (PEREIRA E BARBOZA, 2018).

Quando se relaciona a engenharia de alimentos com a lei de Newton, surge uma grande variedade de aplicação na área específica do curso, pode ser empregado tanto no resfriamento quando aquecimento de fluidos, dentre eles o leite. Quando fica em um determinado intervalo de temperatura, o leite passa por um processo de fermentação e se origina vários derivados, como o iogurte, produto oriundo da fermentação por ação de microrganismos fermentadores (*Lactobacillus bulgaricus* e *Streptococcus thermophilus*). Essa fermentação ocorre em períodos distintos ficando entre 4 e 5 horas, a qual pode variar de acordo com o fluxograma de processamento (ALITOLIF, 2011).

Mesmo com a parte teórica frequente no currículo dos alunos do curso em questão, ainda há incerteza da aplicabilidade das equações diferenciais ordinárias em conteúdo práticos e específicos do curso.

Nesse sentido, o objetivo dessa pesquisa é a aplicação da Lei de Resfriamento de Newton em conteúdo específicos de tecnologia de alimentos, e assim mostrar que existe a implantação dessas equações no conteúdo específico do curso.

Fundamentação Teórica

Um dos grandes motivos para o abandono escolar é na dificuldade de aprendizagem, a falta de relação entre os conteúdos aplicados com as situações enfrentadas no cotidiano dos estudantes, ou seja, eles veem que o que é ensinado em sala de aula não possui aplicação alguma na vida real (LISBOA E LUCINO, 2015). Esse cenário se agrava mais ainda quando se relaciona ao nível superior, uma vez que há dificuldade em conciliar a teoria estudada com o meio profissional. Assim, D'Ambósio (1986) complementa que, o valor da teoria se revela no momento em que ela é transformada em prática.

Portanto, para tentar contextualizar a união entre teoria e prática através da Lei de Resfriamento de Newton pode ser feito experimentos concretos através do binômio tempo temperatura, (PEREIRA E BARBOZA, 2018).

Isaac Newton nasceu em 1643 na cidade de Londres e faleceu em 1727, era cientista, químico, físico, mecânico e matemático, “durante sua trajetória, ele descobriu várias leis da física, entre elas, a lei da gravidade”, o binômio de Newton, a lei de resfriamento (PEREIRA e BARBOSA, 2019).

Esse binômio tempo-temperatura foi objeto de estudo no ano de 1701 quando Newton publicou anonimamente um artigo intitulado “Scala Graduum Caloris”, onde descreve um método para medir temperatura de até 100°C, algo impossível aos termômetros da época (SOUZA, 2007).

O método afirma que “a taxa de variação temporal da temperatura de um corpo é proporcional a diferença de temperatura entre o corpo e o meio circundante” (BRONSON, 2008).

A Lei de Resfriamento de Newton é uma aplicação de equações diferenciais utilizada para resolver problemas, entre outros, aqueles relacionados à variação de temperatura, assim como afirma Alitolif (2011). Esta forma de aplicação é ligada diretamente a física, mas cálculos voltados para as leis de temperatura são de grande utilidade em várias outras ciências, alguns exemplos são os utilizados nas engenharias, assim como problemática relacionadas à tecnologia de alimentos na taxa de variação de temperatura de resfriamento, assim como em qualquer um processo que envolva aquecimento ou resfriamento de determinado alimento. (ALITOLIF, 2011).

De acordo com Zill e Cullen (2001), a palavra diferencial e equações obviamente sugerem a resolução de algum tipo de equação envolvendo derivadas. Por isso, equações diferenciais podem ser entendidas como uma “equação que contém as derivadas ou diferenciais de uma ou mais variáveis dependentes, em relação a uma ou mais variáveis independentes” (SOUZA, 2006). Quando Boyce (2015) menciona as equações diferenciais, o mesmo afirma que começaram com o estudo do cálculo por Isaac Newton (1642–1727) durante o século XVII.

Sabe-se que uma equação diferencial estabelece a taxa segundo a qual as coisas acontecem. Resolver uma equação diferencial é encontrar a função que satisfaz a equação e, frequentemente, determinado conjunto de condições iniciais. A partir do conhecimento destas condições, a solução da equação diferencial fornece o valor da função em qualquer valor posterior da variável independente (THOMAS, 2013). Historicamente, a evolução do ramo da matemática no qual se insere o estudo das equações diferenciais aconteceu em

paralelo com o desenvolvimento da Física, funcionando como ferramenta de cálculo das equações de movimento da mecânica Newtoniana (THOMAS, 2013).

Hoje em dia, o uso de equações diferenciais foi estendido para as mais diversas áreas do conhecimento. Para citar alguns exemplos de aplicações de equações diferenciais em Ciências Naturais, temos o problema da dinâmica de populações, o de propagação de epidemias, a datação por carbono radioativo, a exploração de recursos renováveis, a competição de espécies como, por exemplo, no sistema predador versus presa (THOMAS, 2013). Isso se expande mais ainda quando se menciona o ramo das ciências exatas, economia, sistemas financeiros, e comportamento humano.

Na indústria de alimentos, Silva (2014) diz que a aplicação de equações diferenciais pode ser mencionada em relação ao resfriamento de material biológicos para preservação. Entre os vários métodos de preservação de materiais o resfriamento é amplamente utilizado, por permitir a conservação das propriedades quantitativas e qualitativas desejáveis desses materiais em estado quase inalterado e natural.

Por exemplo, na indústria que processa frutas o pré-resfriamento é uma das mais importantes etapas da pós-colheita e consiste na remoção rápida do calor dos frutos oriundos dos campos, antes do armazenamento, processamento ou comercialização, no qual é preciso estocar essas frutas em câmaras de refrigeração para que esses alimentos durem por mais dias ou até mesmo meses (SILVA, 2014). Dessa forma o resfriamento das frutas antes de serem introduzidas na câmara previne possíveis perdas com relação a deterioração dos frutos.

A aplicabilidade da lei de resfriamento de Newton na indústria de alimentos vai muito além do resfriamento de frutas e hortaliças diz (PIOVESAN, 2015), pode ser usado também em processadores de leite e seus derivados, muitos são os benefícios que o resfriamento do leite traz para os produtores, como a possibilidade de haver mais ordenhas e menos vezes que o caminhão vem buscar esse leite para transportá-lo até a indústria, o que diminui o gasto com transporte. A equação também tem aplicabilidade em iogurtes quando o mesmo entra em equilíbrio térmico com o meio.

Para o desenvolvimento da modelagem matemática da Lei de resfriamento de Newton diz que um corpo com temperatura T que não possui internamente nenhuma fonte de calor, quando deixado em um meio ambiente, tende àquela do meio que o cerca (T_m), assim, se a temperatura do corpo T é menor que a temperatura ambiente (T_m), este corpo

se aquecerá e, caso contrário, se resfriará. A temperatura do corpo será, pois, uma função contínua do tempo, $T(t)$ (SILVA, 2014)

Verifica-se experimentalmente que quanto maior for a diferença entre a temperatura do ambiente e a do corpo, mais rápido, será a variação de $T(t)$. Isto é evidenciado de forma precisa pela Lei de Variação de Temperatura enunciada por Isaac Newton. Neste modelo matemático, a temperatura do corpo nunca atingirá a temperatura T_m (teoricamente $T \rightarrow T_m$ quando $t \rightarrow \infty$). Essa modelagem é representada pelo gráfico 1, o qual relaciona o binômio tempo e temperatura.

FONTE: (SOUZA; TRINDADE. 2014)

Sobre a transferência de calor, um modelo real simples que trata sobre a troca de calor de um corpo com o meio ambiente em que o mesmo está colocado, aceita três hipóteses simplificadoras:

- i. A temperatura $T = T(t)$ depende do tempo t e é a mesma em todos os pontos do corpo.
- ii. A Temperatura T do meio ambiente permanece constante ao longo da experiência.
- iii. A taxa de variação da temperatura com relação ao tempo t é proporcional à diferença entre a temperatura do corpo e a temperatura do meio ambiente.

A montagem e resolução da equação diferencial assumem como verdadeiras estas hipóteses e, dessa forma

$$\frac{dT}{dt} = -k (T - T_m)$$

onde $T = T(t)$ é a temperatura do corpo no instante t , T_m é a temperatura constante do meio ambiente e k é uma constante de proporcionalidade que depende do material do corpo, da massa e da superfície exposta ao ambiente, sendo que o sinal negativo indica que a temperatura do corpo está diminuindo com o passar do tempo, em relação à temperatura do meio ambiente.

Assim, podemos verificar que a constante de proporcionalidade k depende de diversos fatores, a equação diferencial que rege este processo de variação de temperatura é uma equação diferencial de 1ª ordem e 1º grau de variáveis separáveis, que pode ser transformada em,

$$\begin{aligned}\frac{dT}{dt} &= -k (T - T_m) \\ \frac{dT}{(T - T_m)} &= -k dt\end{aligned}$$

Integrando ambos os membros temos,

$$\begin{aligned}\int \frac{dT}{(T - T_m)} &= -\int k dt \\ \ln(T - T_m) &= -kt + k_0\end{aligned}$$

Da definição de logaritmo, vem,

$$\begin{aligned}T - T_m &= e^{-kt + k_0} \\ T - T_m &= e^{-kt} \cdot e^{k_0}\end{aligned}$$

Como $e^{k_0} = C$ tem-se

$$T - T_m = C \cdot e^{-kt}$$

E a solução geral da equação diferencial será

$$T(t) = Tm + C \cdot e^{-kt}$$

Sabe-se que a temperatura inicial do corpo é $T(0) = T_0$ então substituindo $t = 0$ na solução da equação, podemos obter o valor da constante C que aparece na solução geral,

$$\begin{aligned} T(t) &= Tm + C \cdot e^{-kt} \\ T(0) &= Tm + C \cdot e^{-k \cdot 0} \\ T_0 &= Tm + C \cdot 1 \\ C &= T_0 - Tm \end{aligned}$$

Assim, a temperatura de um corpo em qualquer momento é dada pela função:

$$T(t) = Tm + (T_0 - Tm) \cdot e^{-kt}$$

Assim pode-se calcular com exatidão a taxa de variação do binômio tempo temperatura de acordo com a lei de resfriamento de Newton.

Metodologia

A pesquisa foi realizada por meio de uma parceria entre a Cooperativa Agropecuária do salgado Paraense, localizada no Município de Vigia de Nazaré-Pá, Incubadora tecnológica de desenvolvimento e inovação de cooperativas e empreendimentos solidários (INCUBITEC) - IFPA e uma Prática acadêmica do curso de engenharia de alimentos (Projeto Integrador) que visa a integração das disciplinas do curso na prática.

A natureza da pesquisa é qualitativa, uma vez que viabiliza a aplicação de equações Diferencial ordinárias nas disciplinas específicas de tecnologia de alimentos do curso, trata-se de um estudo de casos acerca da viabilidade da implementação de equações no cotidiano da engenharia de alimentos.

A pesquisa foi realizada na sede da cooperativa em Vigia de Nazaré-Pá em período de processamento de Iogurte, durante dois dias, período no qual de acordo com o fluxograma de processamento local, ocorre a fermentação do produto. Durante todo o processamento foi observado as etapas do fluxograma, por outro lado para a obtenção de dados utilizados na equação foi analisado com mais ênfase o momento em que o leite sai do pasteurizador de placas para a fermentadora, onde ocorre a atividade microbiana.

Os dados obtidos através do painel de controle da fermentadora e do pasteurizador

foram anotados e guardados para uso posterior, os instrumentos utilizados foram uma fermentadora, um pasteurizador de placas e prancheta para anotação, o procedimento metodológico ficou restrito no acompanhamento da produção e aplicação da equação.

Resultados e Discussão

Quando pasteurizado, o leite vai para a iogurteira e chega com temperatura entorno de 78°C e ele é resfriado até os 40°C, foi calculado de acordo com a lei de resfriamento de Newton, o leite pasteurizado, de temperatura inicial T , foi colocado em uma iogurteira de temperatura T_m de certa forma que $T \neq T_m$, o corpo de maior temperatura perderá calor até que fique em equilíbrio térmico com o meio.

Expressa na equação:

$$\frac{dT}{dt} = -k(T - T_m)$$

Sendo que $-K$ é uma constante que depende de fatores como material do objeto, estado físico, viscosidade entre outros; T é a temperatura do objeto; T_m é a temperatura do meio ambiente; t é o tempo.

Assim pode-se calcular a taxa de variação da temperatura do leite pasteurizado quando for levado à iogurteira.

$$\begin{aligned}\frac{dT}{dt} &= -k(T - T_m) \\ \frac{dT}{(T - T_m)} &= -kdt \\ \int \frac{dT}{(T - T_m)} &= \int -kdt \\ \ln|T - T_m| &= -k \cdot t + c \\ T &= e^{-k \cdot t + c} + T_m\end{aligned}$$

$$T = C \cdot e^{-k \cdot t} + T_m$$

$$\begin{aligned} T_{(0)} = T_0 &\rightarrow T_0 = C e^{-k \cdot (0)} + T_m \\ T_0 &= C \cdot 1 + T_m \\ C &= T_0 - T_m \end{aligned}$$

$$T = (T_0 - T_m) \cdot e^{-k \cdot t} + T_m$$

O leite, após o processo de pasteurização, tem temperatura inicial de 80°C e é bombeado para iogurteira, que opera com temperatura constante de 40°C para a fermentação. Depois de 30 minutos a temperatura do leite pasteurizado era de 71°C. Quanto tempo levará para o leite pasteurizado alcançar o equilíbrio térmico com a iogurteira de forma natural?

$$\text{Dados: } T_0 = 80^\circ\text{C} \quad / \quad T_m = 40^\circ\text{C} \quad / \quad t = 30 \text{ min.} \quad / \quad T = 71^\circ\text{C}$$

$$T = T_m + (T_0 - T_m)e^{-k \cdot t}$$

Primeiramente, acha-se a constante K para posterior obtenção da temperatura (T) no tempo (t) indicado:

$$T(15) \rightarrow 71^\circ\text{C} = 40 + (80 - 40) \cdot e^{-K(30)}$$

$$71 - 40 = 40 \cdot e^{-K \cdot (30)}$$

$$31 = 40 \cdot e^{-30K}$$

$$e^{-30 \cdot k} = \frac{31}{40}$$

$$e^{-30 \cdot k} = 0,775$$

$$-30K = \ln|0,775|$$

$$-30K = -0,2548$$

$$K = \frac{-0,2548}{-30}$$

$$K = 0,00849$$

Ao achar a constante K , calcula-se o tempo que levará para o leite entrar em equilíbrio térmico com a temperatura da iogurteira:

$T = 7,1 \Rightarrow$ Quando o corpo aproxima-se do equilíbrio térmico com o meio.

$$40,1 = 40 + (80 - 40) \cdot e^{-0,00849t}$$

$$40,1 - 40 = 40 \cdot e^{-0,00849t}$$

$$0,1 = 40e^{-0,00849t}$$

$$e^{-0,00849t} = \frac{0,1}{40}$$

$$e^{-0,00849t} = 0,0025$$

$$0,00849t = \ln|0,0025|$$

$$-0,00849t = -5,99$$

$$t = \frac{-5,99}{-0,00849}$$

$$t = 705,70 \text{ min.}$$

$$t = 11,76 \text{ horas.}$$

Dessa forma, a Lei de Arrefecimento de Newton ajuda a prever o tempo necessário para atingir a temperatura do leite para inoculação do fermento lácteo.

Quando Piovesan (2015) faz a mesma equação com relação ao tempo de resfriamento do leite cru, ele percebe que o leite leva 1 h e 45 min para chegar a temperatura de 4°C. evidenciando que há a possibilidade da implantação da equação na prática.

Conclusões

Após análise de dados de literaturas acerca da lei de resfriamento de Newton, assim como o desenvolvimento da equação feita com o iogurte da cooperativa, foi possível observar que as equações estão muito presentes no cotidiano do aluno do curso e que pode servir como incremento na formação acadêmica.

Referências

- ALITOLEF, S. S. **Algumas Aplicações das Equações Diferenciais**. Ji Paraná: UNIR, 2011.
- BOYCE, W. E.; DIPRIMA, R. C. **Equações Diferenciais elementares e problemas de valores de contorno**. Richard C. DiPrima; tradução e revisão técnica Valéria de Magalhães Iorio. 10ª ed. Rio Janeiro: LTC, 2015.
- CORRALLO, M, V; DE CARVALHO JUNQUEIRA, Astrogildo. A Lei de esfriamento de Newton utilizando a automatização da tomada dos dados por meio do Arduino. **XXI Simpósio Nacional de Ensino de Física**, 2015.

D'AMBROSIO, U. **Da realidade à ação: reflexões sobre educação e matemática**. 1ª ed. São Paulo: Summus, 1986.

DA SILVA, J, S, F. SOBRE O PROBLEMA DA VARIAÇÃO DE TEMPERATURA DE UM CORPO. **CONNECTION LINE**, n. 5, 2014.

DA SILVA, Jair Sandro Ferreira. SOBRE O PROBLEMA DA VARIAÇÃO DE TEMPERATURA DE UM CORPO. **CONNECTION LINE**, n. 5, 2014.

LISBOA, J.; LUCINO, M. A LISBOA, J.; LUCINO, M. A. **A importância da teoria e prática nas aulas de matemática**. Ivaiporã: FIVI, 2015. Ivaiporã: FIVI, 2015.

PEREIRA, I, M.; BARBOSA, C, M. Teoria e Prática na Lei de Resfriamento de Newton. **Ensino da Matemática em Debate (ISSN 2358-4122)**, v. 5, n. 1, p. 45-53, 2018.

PIOVESAN C; Boré, L, A; DESCOVi, D, R; DOMENICO, C, N, B, D. **Modelagem matemática do Resfriamento do leite usando Equações Diferenciais Ordinárias**. 2015.

SIAS, D, B; TEIXEIRA, R, M, R. Resfriamento de um corpo: a aquisição automática de dados propiciando discussões conceituais no laboratório didático de Física no Ensino Médio. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 23, n. 3, p. 361-382, 2006.

SOUZA, L. F. **Um experimento sobre a dilatação térmica e a lei de resfriamento**. 2017. 26.f. Monografia de Conclusão de Curso – Licenciatura em Física -departamento de Física da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2014.

THOMAS, L, R. **O uso de equações diferenciais na modelagem de sistemas naturais e outros**. 2013.

ZILL, D. G.; CULLEN, M. R. **Equações Diferenciais, volume 1**. Tradução Antonio Zumpano, revisão técnica: Antônio Pertence Jr. São Paulo: Pearson Makron /books, 2001.