



O ensino de Física e a lei do resfriamento de Newton no cálculo do calor específico de metais

Teaching physics and Newton's law of cooling in calculating the specific heat of metals

J. A. FILHO^{*1}, T. LOBO², M. G. SILVA¹

¹Instituto Federal do Amazonas.

²Instituto Federal do Rio de Janeiro.

Resumo

Neste relato de experimento em sala de aula usamos uma modalidade de educação, que usa o presencial e o online com o objetivo de determinar os calores específicos do alumínio e do aço inox usando um kit arduino. O experimento foi realizado numa turma de ensino médio. Usamos o método de ensino através do qual a lógica da organização de uma sala de aula é de fato invertida por completo. Foram utilizados três ambientes educacionais em forma de rodízio: o laboratório de informática da escola, o laboratório de ciências e um ambiente virtual (Google classroom). Utilizamos também o software Fritzing a fim de desenhar o circuito e o Excel para tratamento dos dados coletados. A medidas realizadas concordam com as das literaturas. Verificamos um maior interesse dos alunos na busca do entendimento do assunto.

Palavras-chave: Calor específico. Ensino Híbrido. arduino.

*prof.m.gomes@gmail.com

Abstract

In this report of an experiment in the classroom, we use an education modality, which uses classroom and online courses to determine the specific heats of aluminum and stainless steel using an arduino kit. The experiment was carried out in a high school class. We use the teaching method by which the logic of organizing a classroom is in fact completely reversed. Three rotating educational environments were used: the school's computer lab, the science lab and a virtual environment (Google classroom). We also used the Fritzing software to design the circuit and Excel for processing the collected data. The measurements taken agree with those of the literature. We verified a greater interest of the students in the search for an understanding of the subject.

Keywords: *Specific heat. Hybrid Teaching. Arduino.*

I. INTRODUÇÃO

No construtivismo o papel do professor é de monitorar o crescimento cognitivo e o amadurecimento do aluno. A aprendizagem construtivista é uma aprendizagem ativa com a participação do aluno na construção de um novo conhecimento baseado na experiência, acumulativa, integrativa e reflexiva. Atualmente o construtivismo traz consigo a possibilidade da aplicação de ferramentas tecnológicas na possibilidade em que o aluno possa interagir na construção do seu conhecimento.

Papert (1986), sugeriu o termo construcionismo para designar a modalidade em que um aluno utiliza o computador como uma ferramenta com a qual ele constrói seu conhecimento. Segundo Papert (1991), o aluno usando o computador, visualiza suas construções mentais relacionando o concreto e abstrato por meio de processos interativos favorecendo construção do conhecimento. Para Fernanda Schuck Sápiras,

[...] O construcionismo propõe a criação de ambientes investigativos que potencializam situações ricas e específicas de construção do conhecimento, nas quais o aluno esteja engajado em construir um produto público e de interesse pessoal sobre o qual possa refletir e compartilhar suas experiências com outras pessoas. Normalmente as construções desses artefatos são feitas por meio de um suporte computacional. (SÁPIRAS, VECCHIA, & MALTEMPI, 2015, p 975).

Entretanto, é importante frisar que mesmo que a tecnologia tenha um papel de destaque dentro das ideias construcionistas, um ambiente educacional efetivo exige muito mais que apenas um computador, ele representa apenas mais uma ferramenta educacional dentre as inúmeras existentes, tais como, livros didáticos, laboratórios didáticos e o velho e necessário papel e lápis.

Um dos princípios da teoria de Seymour Papert é a criação de um ambiente de aprendizagem que permitam a aluno testar suas ideias, teorias ou hipóteses. Um bom ponto

de partida é a criação de ambientes inovadores presenciais e virtuais propícios para o desenvolvimento de projetos que aproximem os alunos dessa nova realidade. Espaços onde os alunos aprendem fazendo e testando infinitas possibilidades.

Segundo Newton Flavio Correia Molina, O ensino Híbrido é uma modalidade de ensino que absorve características do ensino on-line e do ensino presencial. Os modelos de rotação em estações, dão uma maior dinâmica para o tempo de aula, já que, dentro de um mesmo horário o aluno participa de diversas atividades, ou seja, cada estação de trabalho oferece ao aluno uma proposta de trabalho diferente, mas visando o mesmo conceito ou conteúdo (MOLINA, 2016, p. 13). O ensino híbrido é uma das mais promissoras metodologias de aprendizagem do novo milênio e a tecnologia é, sem dúvida, uma das maiores aliadas de professores e de estudantes.

Para Mariana Neta o ensino híbrido é tido como um transformador de aspetos do processo educacional Com a utilização do ensino híbrido, é possível transformar aspectos do processo educacional, retirar a figura do professor como centro do conhecimento e primeira fonte de informação, além de viabilizar ao estudante o protagonismo do seu aprendizado, em que ele assume uma postura mais participativa e coerente com a autonomia estudantil e a ampliação do pensamento crítico, a fim de correlacionar o que está em estudo com as situações da vida real (NETA & CAPUCHINHO, 2017, p.152).

I.1. Conceitos físicos envolvidos no problema da determinação do calor específico

I.1.1 Lei do Equilíbrio térmico

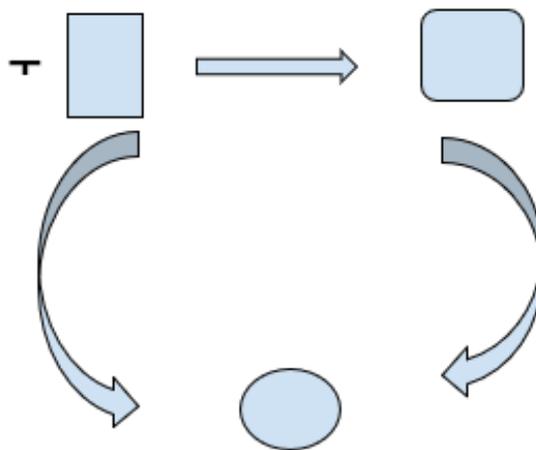


Figura 1: Sistema isolado.

Fonte: Autores.

A lei de equilíbrio térmico estabelece que dois ou mais corpos estão em, quando não houver mais troca de calor entre eles, em um sistema isolados termicamente. Considere dois corpos A e B em contato com um terceiro corpo c Eles estarão em equilíbrio quando cessar

as trocas de calor entre eles. Sendo T_a , T_b e T_c as temperaturas iniciais de A, B e C e c_a , c_b e c_c os seus respectivos calores específicos, com M_a , M_b e M_c as massas dos corpos, temos que

$$Q_a + Q_b + Q_c = 0 \quad (1)$$

ou seja

$$\sum Q_{recebido} + \sum Q_{cedido} = 0, \quad (2)$$

de onde obtemos a expressão

$$M_a c_a (T_e - T_a) + M_b c_b (T_e - T_b) + M_c c_c (T_e - T_c) = 0 \quad (3)$$

no caso específico para o modelo utilizado, os corpos envolvidos seriam água, lata de refrigerante (alumínio), e as barras de metais (alumínio), a expressão acima se resume em

$$M \cdot c_{ag} (T_q - T_f) + M_m c_m (T_f - T_{amb}) + M_{RCR} (T_f - T_q) = 0 \quad (4)$$

de onde se tem que

$$c_m = \frac{M c_{ag} (T_q - T_f)}{M_m (T_f - T_{amb}) - M_{RCR} (T_q - T_f)} \quad (5)$$

Podemos estabelecer também, que essa lei é válida para um sistema isolado, onde as trocas de calor ocorrem apenas entre os corpos, não havendo propagação de calor entre os corpos e meio externo, no caso em que existe propagação para o meio deve-se valer da Lei do Resfriamento de Newton.

I.1.2 Lei do Resfriamento de Newton

Quando a diferença de temperatura entre o corpo e o meio onde ele está pode-se assumir que o calor transferido para o corpo por unidade de tempo e proporcional a variação de temperatura isso significa dizer que

$$\frac{dq}{dt} = aS(T - T_a) \quad (6)$$

com a sendo o coeficiente de troca de calor e S a superfície do corpo, como

$$dq = -mc \cdot dT$$

como $m = \rho V$ onde ρ é a densidade do corpo e V é o volume, logo podemos concluir que a temperatura do corpo em função do tempo varia a uma taxa de

$$\rho V c \frac{dT}{dt} = -aS(T - T_a) \quad (7)$$

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



Figura 4: Sensor Ds18B20 de temperatura
Fonte: (Solda fria, 2019)



Figura 5: Lata de Refrigerante 350ml
Fonte: (Depositphotos, 2020)



Figura 6: Balança de precisão.
Fonte: Autores.



Figura 7: Barras de alumínio.
Fonte: Autores.



Figura 8: Aquecedor.
Fonte: Autores.



Figura 9: Barras de aço inoxidável.
Fonte: Autores.

como o arduino necessita de uma IDE para ser programado é necessário que se obtenha o software em <https://www.arduino.cc/en/guide/windows> . O arduino funciona com código aberto, a sua IDE está disponível para livre acesso. Logo após o seguinte circuito deverá ser construído de forma virtual usando o programa Fritzing, disponível em

<https://www.electroschematics.com/fritzing-software-download/>, em seguida usando o kit de arduino com os sensores lm35 e Ds18b20, juntamente com uma placa protoboard e a placa de Arduino Uno, construir o circuito de forma física. A conexão é estabelecida por meio de uma porta serial de transmissão de dados isso possibilita que o arduino colete dados de uma forma muito mais rápida e é transferida para o Monitor Serial.

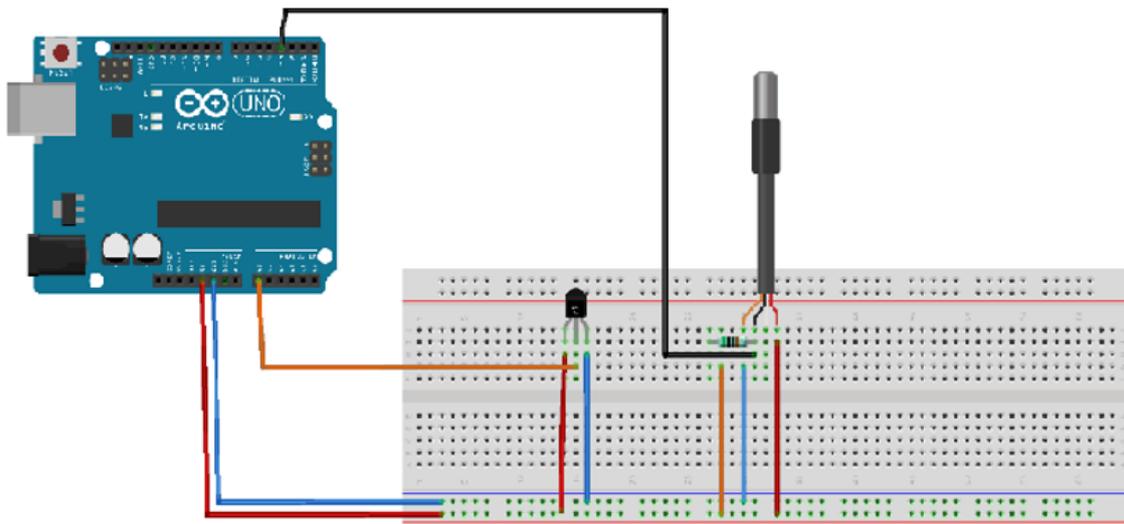


Figura 10: Circuito montado pelos alunos.

Fonte: Autores.

Na IDE do arduino deverá ser colocado o seguinte código de programação em que consiste a rotina pelo qual os dados serão coletados. O arduino foi programado para coletar valores da temperatura do sistema de a cada 10 ms.

II.2. Coleta de dados

Em ambos os casos, a massa de água é aquecida, até chegar próxima a temperatura de evaporação, a partir daí se observa que a temperatura do sistema cai de forma rápida no início e depois o sistema entra em acomodação e tem como gráfico uma exponencial seguindo a lei do resfriamento de Newton, medimos a temperatura de resfriamento do sistema até uma temperatura em torno de 82°C , a partir daí, para uma melhor acomodação, para uma melhor acomodação contamos um intervalo de tempo de 9min e mergulhamos os lingotes de metais, todos de uma vez e observamos a temperatura cai de forma brusca até se acomodar novamente. Usando a lei do resfriamento de Newton observamos que os pontos obtidos nos instantes antes e depois de colocarmos os metais podem por meio de uma regressão linear se assemelhar a uma reta cujo o coeficiente angular representa a taxa de transferência de calor entre o corpo e o meio onde está contido.

II.3. Dados para o Experimento

Materiais utilizados para o cálculo do calor específico do alumínio	
Massa da água	275,6g
Massa Aço inox	405g
Massa do Recipiente	59,6g
Temperatura ambiente	27,37

Materiais utilizados para o cálculo do calor específico do Aço inox	
Massa da água	275,6g
Massa Aço inox	405g
Massa do Recipiente	59,6g
Temperatura ambiente	27,37

Tabela 1: *Dados dos materiais utilizados.*

Para o Alumínio e o aço inox obtivemos as respectivas curvas da variação da temperatura em função do tempo, em ambos os casos se observa que nas regiões I e II que representam os instantes antes e depois da imersão dos metais nos respectivos recipientes

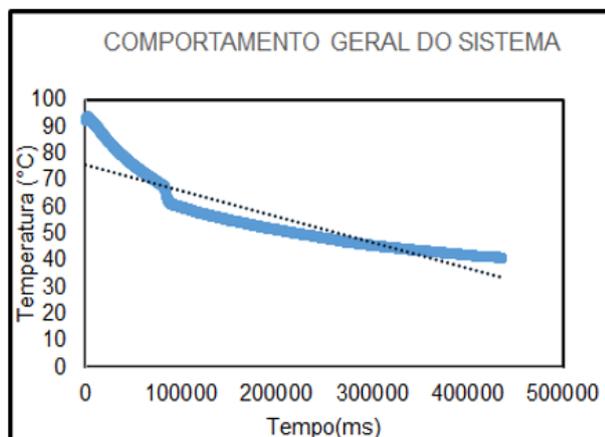


Figura 11: *Gráfico do comportamento geral do sistema (alumínio).*
Fonte: Autores.

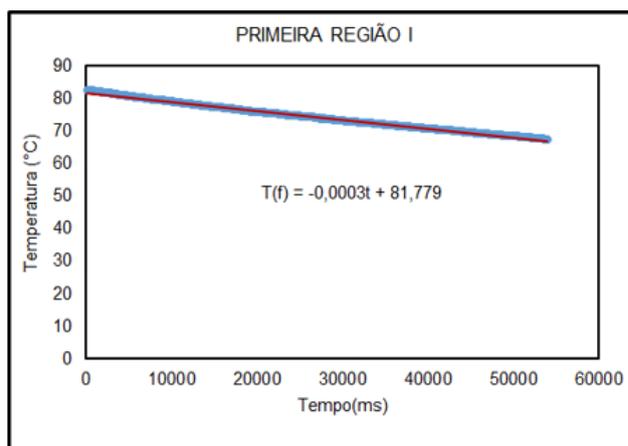


Figura 12: *Gráfico do comportamento do sistema antes da imersão (alumínio).*
Fonte: Autores.

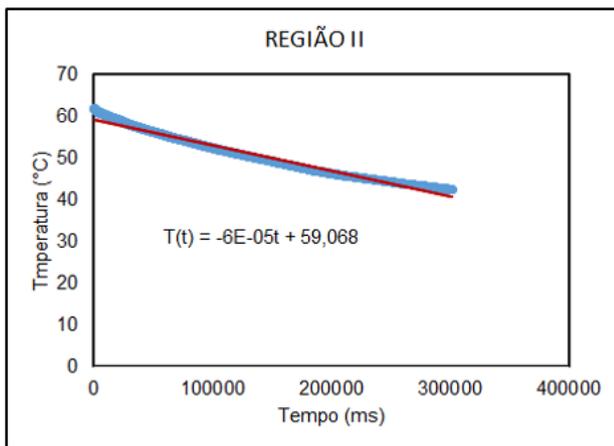


Figura 13: Gráfico do comportamento do sistema depois da imersão (alumínio).
Fonte: Autores.

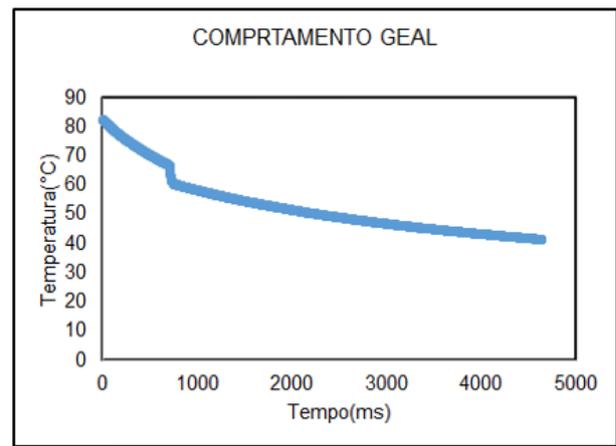


Figura 14: Comportamento geral do sistema (aço inoxidável).
Fonte: Autores.

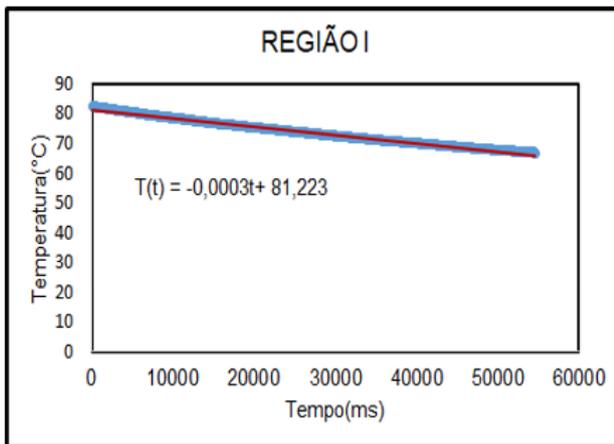


Figura 15: Gráfico do comportamento do sistema antes da imersão (aço inoxidável).
Fonte: Autores.

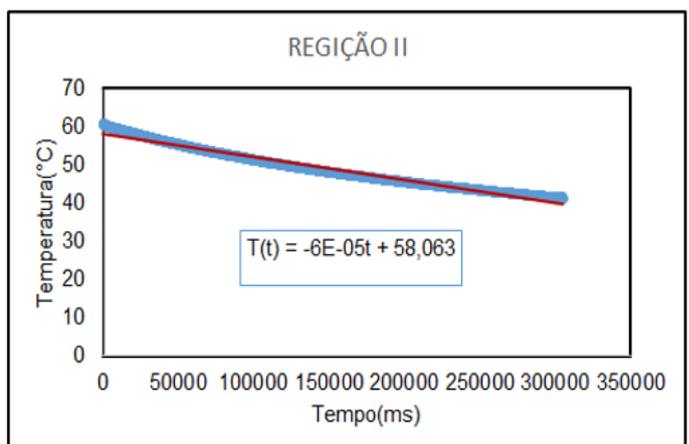


Figura 16: Gráfico do comportamento do sistema depois da imersão (aço inoxidável).
Fonte: Autores.

Pela Equação do Equilíbrio

$$c = \frac{M(T_q - T_f)}{M_{al}(T_f - T_a) - M_r(T_q - T_f)}$$

Sendo M a massa de água utilizada T_q temperatura final da na Região I, T_f a temperatura inicial na Região II, M_{al} a massa do alumínio e M_r a massa do Recipiente também de alumínio. Usando a lei do Resfriamento de Newton na Região I e realizando o ajuste de curva que o próprio Excel realiza, obtemos a seguinte expressão

$$T(t) = -0,0003t + 81,779$$

no instante em que o metal é mergulhado em água o tempo decorrido foi $t = 54.000ms$. Para isso obtemos a temperatura $T_q = 65,579^\circ C$ Sendo a $T_a = 27,86^\circ C$, logo após colocar-

mos o metal observa-se uma queda brusca de temperatura voltando depois ao estado de acomodação, a partir daí aplicamos novamente a lei do resfriamento de Newton em um tempo decorrido $t = 301.500ms$, obtendo a seguinte expressão

$$T(t) = -6E - 05t + 59,068,$$

a partir daí medimos a temperatura $T_f = 59,068$. Usando a lei do equilíbrio térmico, para uma temperatura ambiente de $27,86^\circ C$ obtemos que o calor específico do alumínio é de $C_{28} = 0,257cal/g^\circ C$, quando aplicamos a lei do equilíbrio para uma temperatura ambiente de $20^\circ C$ obtemos que o calor específico a $20^\circ C$ é $C_{20} = 0,205cal/g^\circ C$. Quando usamos o aço inox obtivemos as seguintes curvas $T(t) = -0,0003t + 81,223$ para um intervalo de tempo igual $t = 54600ms$ na primeira região se obtém a curva $T_q = 64,843^\circ C$ para uma temperatura ambiente de $T_a = 27,37^\circ C$ na segunda região foi obtida a seguinte $T(t) = -6E - 05t + 58,063$ de onde é obtida a seguinte temperatura inicial que é chamado de $T_q = 58,063^\circ C$. Aplicando a lei do equilíbrio térmico temos que para uma temperatura ambiente será de $C_{27} = 0,155cal/g^\circ C$ para uma temperatura ambiente de $20^\circ C$ obtemos que o calor específico do aço inox $C_{20} = 0,124cal/g^\circ C$.

CONCLUSÃO

Foi observado que para uma sistema isolado a equação do equilíbrio é bastante suficiente para se determinar o calor específico, mas para um sistema onde há trocas de calor com o meio já se faz uso da lei do resfriamento de Newton, no caso observado, a lei do resfriamento é utilizada para se determinar as temperatura inicial e final do sistema, ao colocarmos o metal observamos que a temperatura cai de forma rápida para depois estabelecer um novo estado de acomodação. É sabido que os valores obtidos para o calor específico de uma determinada substancia depende de alguns fatores um deles e a pressão, pureza do material e a temperatura ambiente onde ele está sendo submetido, nos casos específicos da água é padrão e obtido a uma temperatura ambiente de $15^\circ C$, para o alumínio o calor específico obtido a uma temperatura ambiente de $20^\circ C$ é $c_{al}(20^\circ) = 0,214cal/g^\circ C$ (FERRER & CARRERA, 2006, p.287), da mesma forma o calor específico para o aço inox também a mesma temperatura de $20^\circ C$ e dado por $c_{ao}(20^\circ C) = cal/g^\circ C$ ou seja $c_{ao} = 500 \frac{J}{kgK}$, podemos assim determinar uma variação de $\Delta X_{al} = 4,2\%$ para o alumínio e também $\Delta X_{al} = 4,2\%$ para o aço, isso se deve que os valores tabelados foram determinados a pressão de $1atm$ e um alto grau de pureza, sem levar em consideração que o calor específico da água foi determinado como padrão a uma temperatura de $15^\circ C$.

REFERÊNCIAS

Arduino & Cia. Lei do Resfriamento de Newton. Disponível em: <http://mclaomart.blogspot.com/2014/01/lei-de-resfriamento-de-newton.html>, acessado. 14.02.2020.

DA SILVA. W P. et al. *Medida de calor específico e lei de resfriamento de Newton: um refinamento na análise dos dados experimentais*. Rev. Bras. Ensino Fís. vol.25 no.4 São Paulo Nov./Dec.

2003. pp. 392-398

Determinação do calor específico do alumínio. Disponível em: <https://docplayer.com.br/49953766-Determinacao-do-calor-especifico-do-aluminio.html>

FERRER, J. F.; CARRERA, M. P. *Iniciación a La física.* V 1, Editorial Reverte, AS. 1ª edição, 2006, p. 287.

IDE Arduino. disponível em: <https://www.arduino.cc/en/main/software>

Ley del enfriamiento de Newton. Disponível em: <http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/estadistica/otros/enfriamiento/enfriamiento.htm#Ley%20del%20enfriamiento%20de%20Newton>. acesso 04.01.2020

MOLINA, N. F. C, *Método Multimeios de Ensino de Física: O Ensino Híbrido no Primeiro ano do Ensino Médio.* 2016. 74f. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia .2016

NETA, M. S.; CAPUCHINHO, A. C. *Educação Híbrida: Conceitos, Reflexões e*

PAPERT, S; IDIT, H. *Situating Constructionism.* Ablex Publishing Corporation, 1991

Possibilidades do Ensino Personalizado. *II Congresso sobre Tecnologias na Educação* (Ctrl+E 2017) Universidade Federal da Paraíba - Campus IV Mamanguape - Paraíba Brasil, p.152, 2017

ROL METAIS. Disponíveis em: http://rolmetais.com/ficheiros/fichas_tecnicas/FT_23_ficha_tecnica_AISI_304_Site.docx.pdf. Acessado 05/03/2020

SÁPIRAS, F, S.; VECCHIA R. D.; MALTEMP, M,V. Utilização do Scratch em sala de aula. *Educ. Matem. Pesq.*, São Paulo, v.17, n.5, pp. 973 988, 2015
