



DESENVOLVIMENTO DE INCUBADORA DE BAIXO CUSTO COM SISTEMA DE CONTROLE DE TEMPERATURA PARA TESTES DE POTENCIAL DE PRODUÇÃO DE BIOGÁS

Anna Clara Vilanova de SOUZA¹
Arthur Miquelito LOPES²
Eduardo Oliveira CHERIGATE³
Pedro Gonçalves de OLIVEIRA⁴
Adriano Henrique FERRAREZ⁵

RESUMO

A disposição final inadequada de resíduos agropecuários se configura como grande problema para a sociedade e o meio ambiente. O processo da digestão anaeróbica pode ser uma alternativa para o tratamento deste tipo de poluição. Neste trabalho foi desenvolvida uma incubadora com sistema de controle de temperatura para a realização de testes do potencial de produção de biogás. Além de materiais reutilizados, usou-se componentes eletrônicos de baixo custo e o microcontrolador Arduino, visando tornar o sistema simples, acessível e eficiente. Conseguiu-se com o equipamento e o código desenvolvido a manutenção da temperatura na faixa ótima para o desenvolvimento do processo.

Palavras-Chave: automação, Arduíno, energia renovável

ABSTRACT

The inadequate final disposal of agricultural waste is a significant problem for society and the environment. The anaerobic digestion process can be an alternative for the treatment of this type of pollution. This work presents an incubator with a temperature control system for testing the potential of biogas production. In addition to reused materials, low-cost electronic components and the Arduino microcontroller make the system simple, accessible, and efficient. With the system adequately assembled, together with the developed code, it was possible to maintain the optimum range temperature for the development of the process.

Keywords: automation, Arduino, renewable energy

¹Discente do Curso de Informática do Instituto Federal Fluminense, Campus Itaperuna, RJ - annaclaraavilanova05@gmail.com; ²Discente do Curso de Informática do Instituto Federal Fluminense, Campus Itaperuna, RJ - arthurlopes_2003@hotmail.com; ³Discente do Curso de Informática do Instituto Federal Fluminense, Campus Itaperuna, RJ - eduardooliveiracherigate@gmail.com; ⁴Discente do Curso de Informática do Instituto Federal Fluminense, Campus Itaperuna, RJ - pedrosogonsalves234@gmail.com; ⁵Docente do Instituto Federal Fluminense, Campus Itaperuna, RJ - aferrarez@iff.edu.br

1 INTRODUÇÃO

Os resíduos agropecuários são um grande problema para a sociedade e o meio ambiente quando descartados de maneira inadequada. A poluição oriunda desses resíduos pode alterar as características físico-químicas do solo, afetando diretamente na sua fertilidade, além de representar uma séria ameaça à saúde pública por tornar o

ambiente propício a transmissores de doenças. A poluição da água pode alterar as características do ambiente aquático com a infiltração do líquido gerado pela decomposição da matéria orgânica no solo, levando à contaminação dos lençóis freáticos. Enquanto que a poluição do ar pode provocar a formação de gases naturais pela decomposição dos resíduos com e sem a presença de oxigênio no meio, como o metano (CH₄), originando riscos de migração de gás, explosões e até de doenças respiratórias, caso haja contato direto com os mesmos (MOTA *et al.*, 2009).

Dessa forma, faz-se necessário o tratamento correto destes resíduos para que os danos ambientais possam ser mitigados. Para isso, é preciso que novas tecnologias sejam propostas, a fim de alcançar a sustentabilidade.

2 DIGESTÃO ANAERÓBICA

Uma alternativa para o tratamento dos resíduos agropecuários é a digestão anaeróbica, que consiste na degradação da matéria orgânica por microrganismos em um ambiente sem a presença de oxigênio. O processo dá origem a dois subprodutos: biogás e biofertilizante, resultando em uma gestão sustentável (MACHADO, *et al.*, 2019).

A digestão anaeróbia ocorre em diferentes fases envolvendo três diferentes grupos de microrganismos: (i) bactérias fermentativas (microrganismos anaeróbios e facultativos) que atuam sobre as matérias orgânicas mais complexas (carboidratos, proteínas e lipídios) realizando a hidrólise e fermentando esse material transformando-o em ácidos graxos, álcool, dióxido de carbono, hidrogênio, amônia e sulfetos; (ii) bactérias acetogênicas que consomem os produtos primários e produzem hidrogênio, dióxido de carbono e ácido acético; e (iii) dois grupos distintos de microrganismos metanogênicos que realizam: a redução do dióxido de carbono a metano e descarboxila;

DESENVOLVIMENTO DE INCUBADORA DE BAIXO CUSTO COM SISTEMA DE CONTROLE DE TEMPERATURA PARA TESTES DE POTENCIAL DE PRODUÇÃO DE BIOGÁS

e o ácido acético que produz metano e dióxido de carbono (SALMINEM e RINTALA, 2002).

O processo anaeróbico pode ocorrer em três faixas de temperatura: psicrófila (<25°C), mesófila (entre 35-40°C) e termófila (55-60°C) (FNR, 2010). Faz-se indispensável, portanto, o controle dessa temperatura para a produção do biogás, tendo em vista que se ela estiver fora dos parâmetros indicados, irá comprometer os microrganismos responsáveis pelo processo (BOND e TEMPLETON, 2011).

Apesar de essenciais, os equipamentos que permitem o controle da temperatura durante o processo, muitas vezes não são acessíveis a alguns grupos de pesquisa. Nesse sentido, é importante buscar alternativas.

2.1 ARDUÍNO

O microcontrolador Arduino é um projeto de ferramenta de hardware aberto, que visa ser facilmente integrado a sensores e atuadores. Uma de suas principais características é a facilidade no manuseio da codificação, mesmo para desenvolvedores não avançados nas áreas de elaboração de hardware (LEUNG, 2020). A plataforma foi concebida em 2005 no Instituto Ivrea por Barragan, Banzi, Cuartielles, Mellis, Marino e Zambeti (GIBB, 2010). Todos motivados pela necessidade de ensinar eletrônica básica, em um curto período de tempo, para projetar estudantes dentro do instituto (BANZI, 2009).

Atualmente, a plataforma tem sido utilizada em projetos de diversas áreas, como biomedicina, automação, robótica e engenharia (CELA *et al.*, 2013; ORTEGA-ZAMORANO *et al.*, 2013; KORNUA *et al.*, 2013). Existem várias aplicações em registro de dados (ELMEHRAZ *et al.*, 2013; PURVIS *et al.* 2013, BORKAR, 2012, HLOUPIS *et al.*, 2012), automação de bioprocessos (FALK, 2011) e também em engenharia mecânica, em que Zeno e Gutierrez (2011) projetou e construiu uma plataforma de autonivelamento utilizando hardware de baixo custo o que proporcionou ao projeto ter um custo total inferior a US\$ 100,00.

Princival (2016) desenvolveu um sistema computacional de monitoramento da produção de biogás por meio de sensores eletrônicos, tendo como base, o microcontrolador Arduino. Neste trabalho a placa Arduino Uno adquiriu o papel de uma

DESENVOLVIMENTO DE INCUBADORA DE BAIXO CUSTO COM SISTEMA DE CONTROLE DE TEMPERATURA PARA TESTES DE POTENCIAL DE PRODUÇÃO DE BIOGÁS

central de comunicação do sistema como um todo, funcionando como um elo entre os dados transmitidos pelos sensores e o sistema supervisório que transformava os dados em algo legível para o usuário.

Melo et al. (2017) propuseram um sistema a fim de produzir o monitoramento dos gases gerados na maternidade do setor de suinocultura. O sistema contou com sensor de composição do biogás (CH₄ e CO₂), sensor de temperatura interna do reator anaeróbio e um microcontrolador Arduino que realizou a coleta de dados dos sensores e sua integração com um software supervisório.

Oliveira et al. (2018) construíram um digestor de baixo custo e avaliaram sua eficiência na produção de biogás utilizando o microcontrolador Arduino UNO junto a sensores de gás e temperatura.

Neste trabalho foi proposto o desenvolvimento de uma incubadora utilizando-se materiais recicláveis e de baixo custo com sistema de controle de temperatura baseado no microcontrolador Arduino para a digestão anaeróbica de resíduos agropecuários, a fim de otimizar a produção de biogás em escala laboratorial.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

O trabalho foi realizado no Laboratório de Biogás e Energias Renováveis (LABER) do Instituto Federal Fluminense Campus Itaperuna, no noroeste do Estado do Rio de Janeiro.

As etapas desse trabalho foram: (i) pesquisa bibliográfica sobre o tema; (ii) definição dos componentes utilizados considerando suas especificações e compartilhamento com a plataforma Arduino; e (iii) montagem e configuração do sistema.

A Tabela 1 a seguir apresenta a lista dos componentes e as funções desempenhadas pelos mesmos no sistema desenvolvido.

DESENVOLVIMENTO DE INCUBADORA DE BAIXO CUSTO COM SISTEMA DE CONTROLE DE TEMPERATURA PARA TESTES DE POTENCIAL DE PRODUÇÃO DE BIOGÁS

Tabela 1. Componentes utilizados e suas funções na incubadora

Componente	Função no sistema
1 Protoboard	Conexão dos fios (jumpers) aos sensores com a placa Arduino para a formação do circuito elétrico.
2 Placa Arduino Uno	É o “cérebro” do sistema que envia os comandos para os demais dispositivos.
3 Display LCD 16x2	Mostrar a temperatura no interior da incubadora.
4 Sensor de temperatura LM35	Realiza a leitura da temperatura no interior da incubadora e o envio dessa informação para o Arduino.
5 Fios jumpers	Condução da energia elétrica para os componentes do sistema.
6 Relé 5V 2 canais	Permite ou bloqueia a passagem de energia elétrica, auxiliando na manutenção da temperatura desejada no interior da incubadora.
7 Resistência elétrica	Transforma em calor a energia elétrica recebida pelo relé, permitindo que o aquecimento do interior da incubadora.
8 Potenciômetro	Permite regular a quantidade de energia transmitida para o display.
9 Sucata de refrigerador	Acondicionamento dos digestores realizando o isolamento térmico impedindo o fluxo de calor de dentro para fora da incubadora.
10 Papel alumínio	Revestimento da parte interna da incubadora, a fim de minimizar a perda de calor para o meio externo.

DESENVOLVIMENTO DE INCUBADORA DE BAIXO CUSTO COM SISTEMA DE CONTROLE DE TEMPERATURA PARA TESTES DE POTENCIAL DE PRODUÇÃO DE BIOGÁS

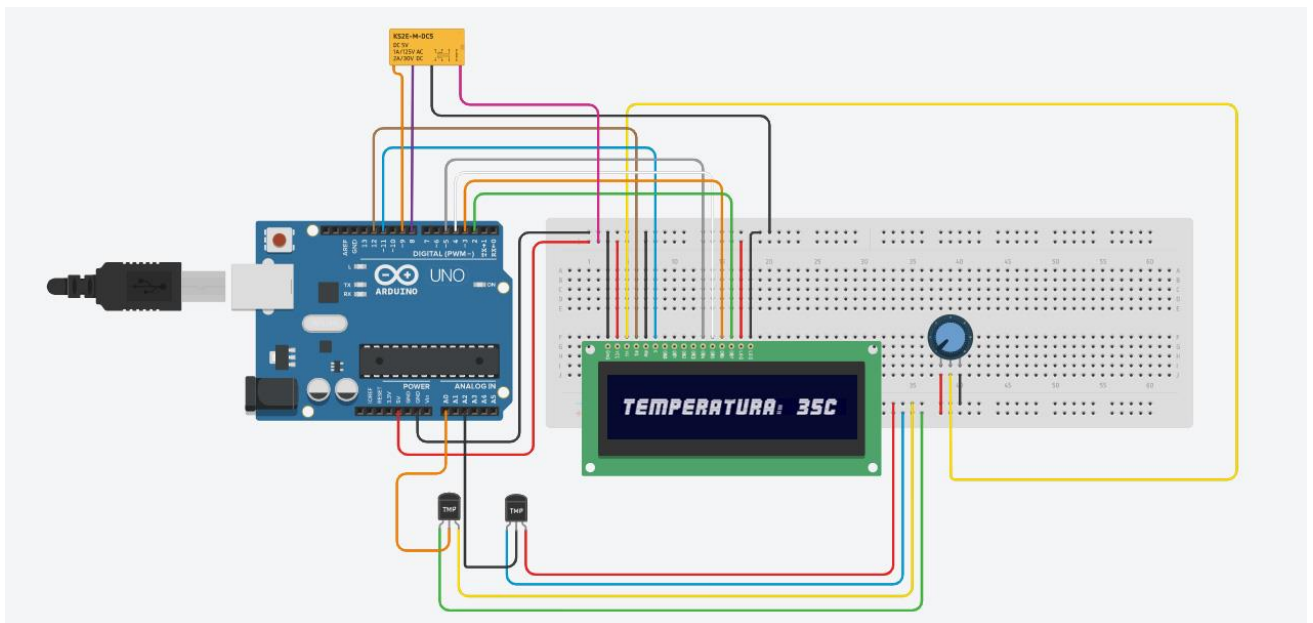
Neste projeto, o software utilizado para o desenvolvimento do código foi o IDE (Integrated Development Environment ou Ambiente de Desenvolvimento Integrado) Arduino, programa que o próprio microcontrolador fornece gratuitamente aos usuários para que possam trabalhar na projeção de códigos destinados a futuros projetos. A linguagem de programação utilizada foi C++ (com pequenas modificações), linguagem padrão utilizada na criação de códigos para projetos com Arduino.

4.RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Circuito Construído

A Figura 1 apresenta o esquema do circuito desenvolvido para o sistema de controle de temperatura na incubadora.

Figura 1. Esquema do circuito desenvolvido

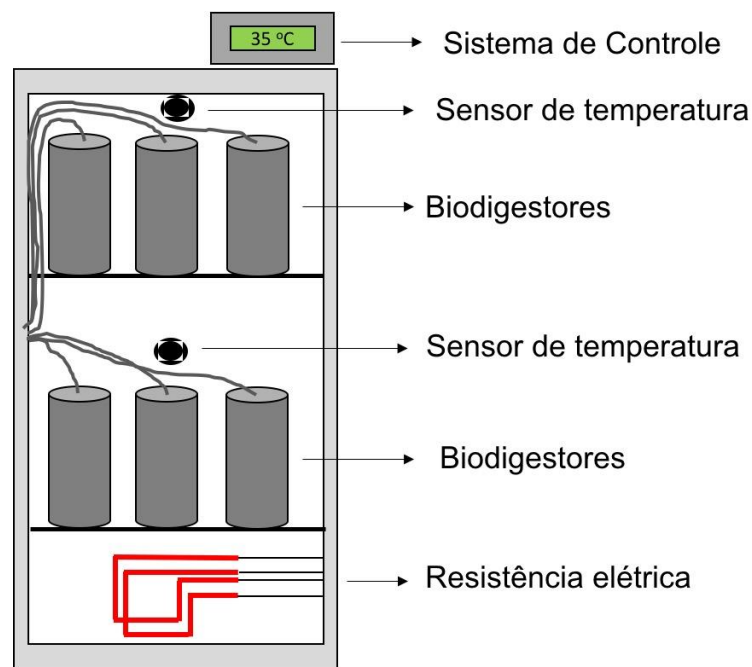


DESENVOLVIMENTO DE INCUBADORA DE BAIXO CUSTO COM SISTEMA DE CONTROLE DE TEMPERATURA PARA TESTES DE POTENCIAL DE PRODUÇÃO DE BIOGÁS

4.2 Incubadora

A Figura 2 apresenta os principais componentes da incubadora.

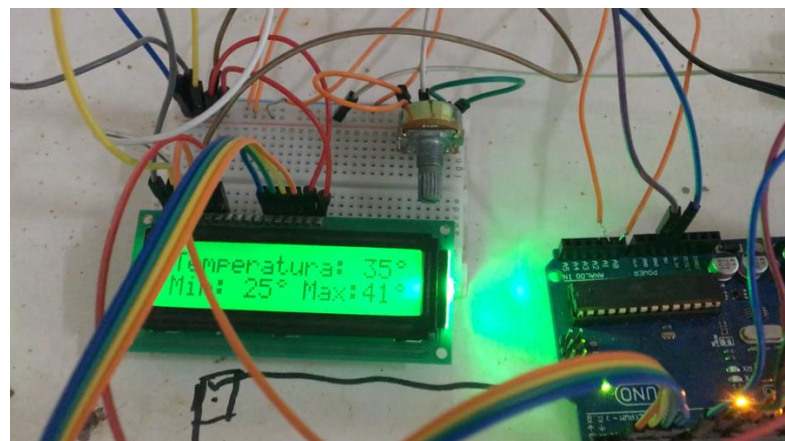
Figura 2. Esquema da incubadora desenvolvida



A incubadora foi construída com materiais de baixo custo como sucata de refrigerador, papel alumínio e componentes eletrônicos acessíveis.

As Figuras 3 e 4 a seguir apresentam o sistema eletrônico de controle e a incubadora montada.

Figura 3. Circuito do sistema de controle



DESENVOLVIMENTO DE INCUBADORA DE BAIXO CUSTO COM SISTEMA DE CONTROLE DE TEMPERATURA PARA TESTES DE POTENCIAL DE PRODUÇÃO DE BIOGÁS

Figura 4. Incubadora**4.3 Sistemas e códigos atuantes**

O código atuante no sistema foi desenvolvido na linguagem de programação C++ e foi responsável pelo controle interno de temperatura da incubadora. O algoritmo envia os comandos de ligar e desligar para as resistências. Quando a temperatura se apresenta abaixo de 35 °C as resistências são acionadas e quando a temperatura atinge esse valor as mesmas são desligadas.

A seguir é apresentado o código desenvolvido.

```
#include <LiquidCrystal.h>  
int pin = 0;  
int pin2 = 1;  
float Temp;
```

```
float Temp2;  
int tempc = 0,tempf=0;  
int tempc2 = 0,tempf2=0;  
int samples[8];
```


DESENVOLVIMENTO DE INCUBADORA DE BAIXO CUSTO COM SISTEMA DE CONTROLE DE TEMPERATURA PARA TESTES DE POTENCIAL DE PRODUÇÃO DE BIOGÁS

```

int maxtemp = -100, mintemp = 100;
int i;
int s;

LiquidCrystal lcd(12, 11, 5, 4, 3, 2);
int RelePin = 8;
int RelePinb = 9;

byte a[8]=
{B00110,B01001,B00110,B00000,B00000,
B00000,B00000,B00000,};

void setup()
{
  pinMode(RelePin, OUTPUT);
  pinMode(RelePinb, OUTPUT);
  Serial.begin(9600);
  pinMode(12, OUTPUT);
  pinMode(11, OUTPUT);
  lcd.begin(16, 2);
  lcd.print("Temperatura:");
  lcd.createChar(1, a);
  lcd.setCursor(7,1);
  lcd.write(1);
  lcd.setCursor(15,0);
  lcd.write(1);
  lcd.setCursor(15,1);
  lcd.write(1);
}

void loop()
{
  for(i = 0; i <= 7; i++)
  {
    samples[i] = ( 5.0 * analogRead(pin) *
100.0) / 1024.0;
    tempc = tempc + samples[i];
    delay(100);
  }
  {
    samples[s] = ( 5.0 * analogRead(pin2) *
100.0) / 1024.0;
    tempc2 = tempc2 + samples[i];
    delay(100);
  }

  tempc = tempc/8.0;
  Temp=tempc;
  tempc2 = tempc2/8.0;
  Temp2=tempc2;
  tempf = (tempc * 9)/ 5 + 32;
  tempf2 = (tempc2 * 9)/ 5 + 32;

  if(tempc > maxtemp) {maxtemp =
tempc;}
  if(tempc < mintemp) {mintemp = tempc;}

  Serial.print(tempc,DEC);
  Serial.print(" Celsius, ");
  Serial.print(tempf,DEC);
  Serial.print(" fahrenheit -> ");
  Serial.print(maxtemp,DEC);
  Serial.print(" Max, ");
  Serial.print(mintemp,DEC);
  Serial.println(" Min");

  delay(100);

  lcd.setCursor(13, 0);
  lcd.print(tempc,DEC);
  lcd.setCursor(0, 1);
  lcd.print("Min:");
  lcd.setCursor(5,1);
  lcd.print(mintemp,DEC);
  lcd.setCursor(9, 1);
  lcd.print("Max: ");
  lcd.setCursor(13,1);
  lcd.print(maxtemp,DEC);

  tempc=0;
  if (Temp/Temp2 >= 35 ) {
    digitalWrite(RelePin, HIGH);
    digitalWrite(RelePinb, HIGH) ;
  }

  if (Temp/Temp2 < 35) {
    digitalWrite(RelePin, LOW) ;
    digitalWrite(RelePinb, LOW) ;
  }
}

```



A efetividade da incubadora será testada em trabalhos futuros em que serão realizados testes comparando a produção e composição de biogás em digestores anaeróbios com controle de temperatura (condições mesofílicas e termofílicas) e a temperatura ambiente (condições psicofílicas).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A realização de testes em laboratório da produção de biogás a partir de diferentes resíduos agropecuários permite identificar a viabilidade de implantação de digestores em escalas maiores. O controle de temperatura é fundamental para a digestão anaeróbica pois o desempenho dos microrganismos está diretamente relacionado com esse parâmetro.

Neste trabalho foi desenvolvida uma incubadora com materiais recicláveis e de baixo custo utilizando sistema de controle de temperatura baseado no microcontrolador Arduino como opção tecnológica. O dispositivo proposto pode contribuir para os estudos do tratamento de resíduos agropecuários por meio da digestão anaeróbica contribuindo para a sustentabilidade de sistemas produtivos como a agropecuária e a agroindústria.

REFERÊNCIAS

BANZI, M.; Getting Started with Arduino, **O'Reilly Media**, 2009.

BOND, T.; TEMPLETON, M.R. History and future of domestic biogas plants in the developing world. **Energy for Sustainable Development**, v.15, n.4, p.347-354. 2011.

BORKAR, C., XINRONG, L.; **Development of wireless sensor network system for indoor air quality monitoring**, North Texas University, 2012.

CELA, ., YEBES, J.J., ARROYO, R., BERGASA, L.M., BAREA, R., LÓPEZ, E., Complete low-cost implementation of a teleoperated control system for a humanoid robot. **Sensors** v.13, 2013.

DESENVOLVIMENTO DE INCUBADORA DE BAIXO CUSTO COM SISTEMA DE CONTROLE DE TEMPERATURA PARA TESTES DE POTENCIAL DE PRODUÇÃO DE BIOGÁS

ELMEHRAZ, N.; **Design of a Highly Portable Data Logging Embedded System for Naturalistic Motorcycle Study**, University of South Florida, 2013.

FALK, H.M.; BENZ, H.C.; **Monitoring the anaerobic digestion process**, Jacobs University, 2011.

FNR. 2010. **Guia Prático do Biogás – Geração e Utilização**. Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V., Gülzow, Alemanha. 236p.

GIBB, A. M., **New Media Art, Design, And The Arduino Microcontroller: A Malleable Pool**, Master's Thesis, Pratt Institute, 2010.

HLOUPIS, G.; STAVRAKAS, I.; MOUTZOURIS, K.; ALEXANDRIDIS, A.; TRIANTIS, D.; WSN Open Source Development Platform: Application to Green Learning, **Procedia Engineering**, v.25, 1049 – 1052, 2011.

KORNUTA, J.A., NIPPER, M.E., DIXON, B., Low-cost microcontroller platform for studying lymphatic biomechanics in vitro. **Journal of Biomechanics**, v.46, n.1,p.183–186, 2013.

LEUNG, K. A. **History of the Arduino Microcontroller** – disponível em <<http://www.kenleung.ca/portfolio/arduino-a-brief-history-3/>> Acesso em: 10 de abril.2020

MACHADO, L. R., FERRAREZ, A. H., LUGON JUNIOR, J., ALVES, F. C. O Estado da arte da digestão anaeróbia de soro de leite e de dejetos da suinocultura para produção de biogás. **Revista Tecnológica (UEM)**, v. 27, p. 104-119, 2019.

MELO, J. P.; MONTEIRO, A. B.; Utilização de Arduino para monitoramento dos gases gerados na maternidade do setor de suinocultura do IF Sudeste MG – Campus Barbacena. **VIII Simpósio de Pesquisa e Inovação**, 2017.

MOTA, J. C., ALMEIDA, M. M., ALENCAR, V. C., CURI, W. F. Características e impactos ambientais causados pelos resíduos sólidos: uma visão conceitual. **Revista Águas Subterrâneas**, v. 23, n.1, 2009.

OLIVEIRA, H. G., ANTONELLO, R., FIDÉLIS, A. J., RINALDI, B. J. D. Energia, Sociedade e Meio Ambiente no Desenvolvimento de Um Biodigestor: a Interdisciplinaridade e a Tecnologia Arduino para Atividades Investigativas. **Química Nova na Escola**, vol. 40, N° 3, p. 144-152, 2018.

ORTEGA-ZAMORANO, F.,SUBIRATS, J.L.,JEREZ,J.M.,MOLINA,I., FRANCO,L., Implementation of the C-Mantec neural network constructive algorithm in an arduino UNO microcontroller. **Lecture Notes in Computer Science**, 7902,80–87, 2013.

DESENVOLVIMENTO DE INCUBADORA DE BAIXO CUSTO COM SISTEMA DE CONTROLE DE TEMPERATURA PARA TESTES DE POTENCIAL DE PRODUÇÃO DE BIOGÁS

PRINCIVAL, G. C. **Desenvolvimento de um sistema computacional de monitoramento da produção do biogás por meio de sensores eletrônicos e Arduino.** Biblioteca Digital de Teses e Dissertações Universidade Estadual do Oeste do Paraná, 2016.

PURVIS, M.; **REMOTE DATA LOGGER For Photo-Voltaic Research**, Murdoch U., 2013.

SALMINEN, E.; RINTALA, J. Anaerobic digestion of organic solid poultry slaughterhouse waste—a review. **Bioresource technology**, v. 83, n. 1, p. 13-26, 2002.

ZENO, M.J. & GUTIERREZ, E.; **Design of an Autonomous Self Correcting Platform Using Open Source Hardware**, Faculty of Rensselaer Polytechnic Institute, 2011.