

**UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ**  
**Matheus Wesley Vaz de Campos**

**RETROFIT NA AUTOMAÇÃO DE UMA INCUBADORA DE  
OVOS**

**TAUBATÉ**

**2021**

**Grupo Especial de Tratamento da Informação - GETI**  
**Sistema Integrado de Bibliotecas – SIBi**  
**Universidade de Taubaté - Unitau**

C198r Campos, Matheus Wesley Vaz de  
Retrofit na automação de uma incubadora de ovos / Matheus Wesley Vaz  
de Campos. -- 2021.  
19 f. : il.

Monografia (especialização) – Universidade de Taubaté, Pró-reitoria de  
Pesquisa e Pós-graduação, Taubaté, 2021.

Orientação: Profa. Me. Marcelo Pinheiro Werneck, Departamento de  
Engenharia Elétrica.

1. Aves. 2. Incubadora. 3. Chocadeira. 4. CLP. 5. IHM.  
I. Universidade de Taubaté. Departamento de Pesquisa e Pós-graduação.  
Especialização em Controle e Automação. II. Título.

CDD – 629.8

## RETROFIT NA AUTOMAÇÃO DE UMA INCUBADORA DE OVOS

*Retrofit in the automation of an egg incubator*

Matheus Wesley Vaz de Campos <sup>1</sup>

**Resumo:** A incubadora automatizada é uma máquina que tem por finalidade realizar o trabalho de chocagem de pequenas e médias aves, sem a necessidade de utilizar o trabalho animal. Utilizando um método de interface gráfica, o homem pode interagir com a máquina por meio de IHM (Interface Homem Máquina) obtendo controle do equipamento de forma simples e interativa. Para o controle dos ativos determinantes para a chocagem das aves, foi inserido o CLP (Controlador Lógico Programável) que através de linhas de programas - linguagem ladder - realiza a rotina de varredura das entradas e saídas para uma solução de controle conforme os parâmetros pré-definidos ou inseridos pelo usuário via IHM. Os resultados finais foram satisfatórios, com um desempenho próximo a chocagem animal. Cabe salientar que a chocadeira, além de trazer benefícios produtivos, remove um trabalho das aves que é feito com um certo sacrifício, ou seja, deixam de realizar a tarefa de ficar dias de inércia para a chocagem dos ovos. Todos esses dias de dedicação, imobilizadas naquele trabalho, sem poder se mexer, expostas a pragas, tais como piolhos e pulgas, resultam no sofrimento do animal. O modelo criado trouxe uma interface agradável, fácil e interativa para o usuário, quando se comparado com os incubadores tradicionais.

**Palavras-chaves:** Aves, Incubadora, Chocadeira, CLP, IHM.

**Abstract:** *The automated incubator is a machine designed to hatch small and medium-sized birds, without the need to use animal work. Using a graphical interface method, man can interact with the machine through HMI (Human Machine Interface) obtaining control of the equipment in a simple and interactive way. For the control of the determinant assets for the brooding of the birds, the PLC (Programmable Logic Controller) was inserted, which through program lines - ladder language - performs the routine of scanning the inputs and outputs for a control solution according to the pre- defined or entered by the user via the Human Machine Interface. The final results were satisfactory, with a performance close to animal hatching. It should be noted that the brooder, in addition to bringing productive benefits, removes a job from the chicken that is done with a certain sacrifice, that is, they fail to perform the task of staying days of inertia to hatch the eggs. All these days of dedication, immobilized in that work, unable to move, exposed to pests, such as lice and fleas, result in the animal's suffering. The model created brought a pleasant, easy and interactive interface for the user, when compared to traditional incubators.*

**Keywords:** Poultry, Incubator, Brooder, PLC, HMI.

---

<sup>1</sup> Especializando em Controle e Automação pela Universidade de Taubaté, Pós Graduação em MBA em Gestão de Projetos e graduado em Engenharia Elétrica pela Faculdade Anhanguera de Taubaté.

## 1 INTRODUÇÃO

A incubadora de ovos ou tradicionalmente conhecida como chocadeira, tem obviamente a função de realizar o trabalho de chocagem de diversos ovos, sem a necessidade das aves. As chocadeiras tradicionais apresentam controlador próprio, porém com baixa interação e retorno de status ao usuário.

O controle de temperatura das chocadeiras tradicionais é efetuado na sua grande maioria por relés com baixa interação do usuário, perdendo tempo, eficiência e interação direta com o equipamento. O sistema de circulação de ar, sensores e atuadores não é monitorado obtendo falhas de sistema sem interface e segurança quanto a funcionalidade do equipamento, podendo este impactar em perdas de energia e matéria prima.

A adição de um PLC (*Programmable Logic Controller*) e periféricos de interface ao usuário HMI (*Human-Machine Interface*) podem gerar ganhos significativos no processo, gerar interface fácil e ágil com o usuário, outrossim garantir maior confiabilidade, segurança operacional e rápida atuação em manutenção.

Segundo Santos e Araújo (2019), o CLP tem a capacidade de comunicar os dados, via canais seriais, supervisionados por computadores em um sistema integrado. Através de microprocessadores, desempenha funções de controle através de softwares desenvolvidos pelos usuários.

Do mesmo modo, o autor Azevedo (2018), traz uma abordagem do CLP no contexto da indústria 4.0, demonstrando que o equipamento tem a capacidade de aproximar empresas de grande e pequeno porte, devido ao seu custo.

Com o sistema de automação é possível que o usuário tenha o controle de temperatura, umidade entre outros.

Este trabalho pode ser classificado como artigo de pesquisa de campo, com objetivos empíricos normativos, pois o modelo propõe estratégias que aprimorem uma situação atual. A pesquisa baseia-se na exploração de um determinado conhecimento com a finalidade de aprender e melhorar os conceitos do projeto. (BRUCHÊZ et al., 2015)



## 2. METODOLOGIA

Os incubadores Golden são máquinas de chocagem tradicionais e bem presente no mercado nacional, conforme demonstrado na Figura 1.

Figura 1 - Chocadeira de ovos Golden.



Fonte: chocadeiragolden.com.br (2020)

Estes equipamentos apresentam baixa adesão ao usuário e segurança operacional, bem como a diminuição da performance de eclosão dos ovos.

Seu principal meio de controle de temperatura e umidade é por termostatos digitais (Figura 2), com saída a relé e interface numeral incremental. Este controlador possui pouca interação com usuário e baixo *feedback* de funcionamento dos sensores e dos atuadores. Esse controlador demonstra imprecisão de medição de temperatura e umidade, que são fundamentais para a incubação dos ovos.

Figura 2 - Termostato digital Coel.



Fonte: coel.com.br (2020)



A sonda desta chocadeira que registra a temperatura e a umidade é do mesmo fabricante do Termostato Digital, ou seja, da marca Coel, o qual não é comercializado de forma separada. Sendo assim o custo aumenta muito, tanto para aquisição quanto para uma possível manutenção. Outra deficiência dos sensores da incubadora é sobre a precisão da variância das grandezas de umidade e temperatura, respectivamente com valores em torno de  $\pm 5\%$  UR (umidade relativa) e  $\pm 2^\circ\text{C}$ .

A Figura 3 ilustra a sonda de temperatura e umidade da marca Coel, tal como a mesma se apresenta.

Figura 3 – Sonda de temperatura e Umidade.



Fonte: coel.com.br (2020)

Para geração de calor a empresa utiliza uma resistência elétrica envolvida no topo do equipamento que através de uma ventilação forçada mantém o ar quente sempre circulando pela área interna da chocadeira.

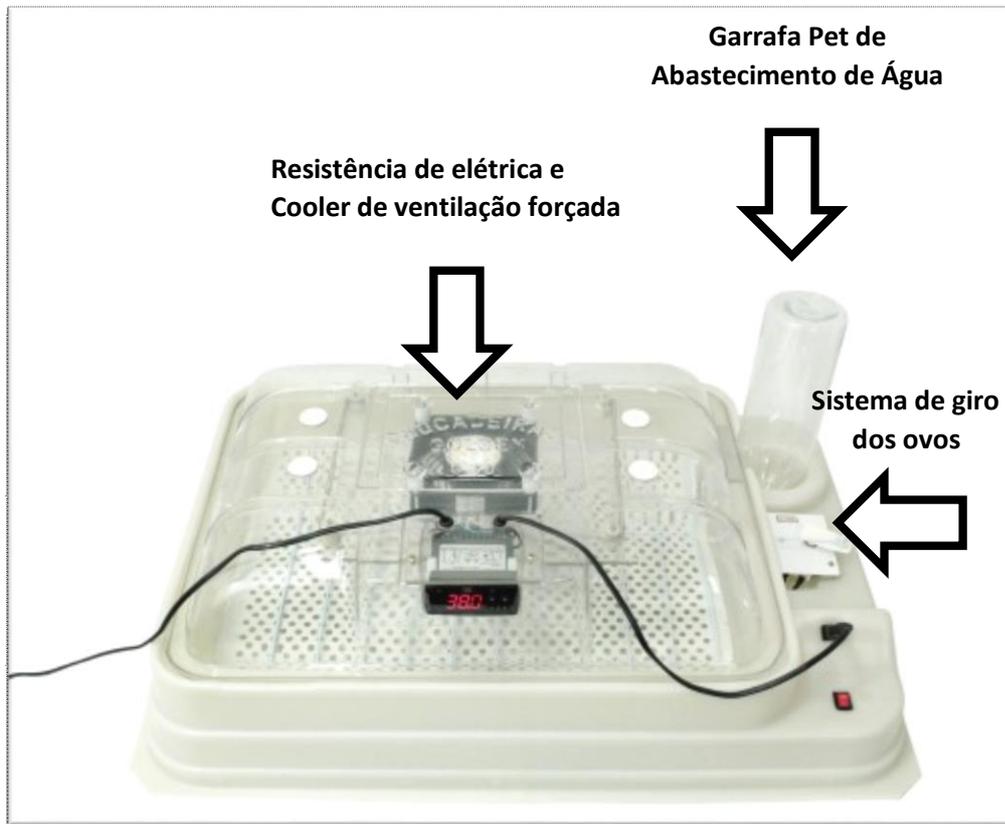
Para auxiliar no controle de umidade a chocadeira possui espelho de água, localizado abaixo da região de apoio dos ovos para acomodação do fluido, com o abastecimento manual. O abastecimento manual consiste em um reservatório de água, parecido com uma garrafa pet, onde o usuário preenche de água e instala o mesmo de forma que a gravidade atua a abastecer de forma automática. Vale ressaltar que o abastecimento e/ou a reposição, é feita sob a responsabilidade do próprio usuário, sendo o fluido imprescindível para a garantia das chocagens dos ovos.

O processo do controle da umidade relativa do ar (UR), quando a mesma está abaixo do requerido (Setpoint), consiste em acionar aquecedor de areia, similar àqueles utilizados em aquários, para que a umidade relativa do ar interna (região de incubação), esteja dentro dos parâmetros normativos de chocagem.



A chocadeira é composta de 4 tipos de sistemas de instrumentação e utilidade, sendo esses o abastecimento de água, a resistência elétrica, o cooler de ventilação forçada e o sistema de giro dos ovos, conforme ilustra a Figura 4.

Figura 4 – Sistema de utilidades e instrumentação.



Fonte: Autor (2020)

Para a incubação dos ovos, independentemente do tipo de ave, é preciso alternar as posições dos ovos de modo a receber uma distribuição uniforme de temperatura e umidade, por todo o perímetro dos ovos. Para a realização deste movimento, a chocadeira Coel, utiliza um motor de corrente alternada de baixa rotação (Figura 4), a qual transfere a rotação para uma haste que movimenta uma grelha onde os ovos são depositados. Vale ressaltar que existe uma conversão de movimento rotacional do motor para o movimento linear da grelha, possibilitando assim, que os ovos sejam girados continuamente ou de acordo com os parâmetros do controlador do equipamento.

### 3. RETROFIT DA CHOCADORA GOLDEN

Visando um ganho de performance, qualidade e interface interativa, foi proposto neste trabalho uma *Retrofit* para automação de uma chocadeira Golden em desuso.

Segundo portal VGV o conceito de "Retrofit", significa "colocar o antigo em forma" (retro do latim "movimentar-se para trás" e fit do inglês, adaptação, ajuste), e é um termo muito utilizado na engenharia.

Para alcançar esta atualização do sistema, foi preciso entender o funcionamento, características, desempenho atuais e a real necessidade final do usuário.

Outrossim, observando a real necessidade se propôs uma troca do controle atual e uma nova interface para ao usuário.

Em substituição ao controle digital termostato, foi implementado o PLC FX3U-14MR que é responsável por todo o controle dos processos de incubação dos ovos, permitindo trabalhar com a incubação de ovos de diferentes aves.

Para a nova interface foi proposto uma IHM Sakoon EA043A de baixo custo, com controle gráfico, que permite uma interação dinâmica e simples dos ativos e sensores. Também apresenta sistema Touch Screen o que facilita a operação da IHM.

Para ganhos em sensoriamento e manutenção foi proposto a troca do atual medidor de temperatura para uma nova aplicação, usando modelo PT100, onde se manteve o baixo custo e a boa precisão da temperatura.

O sensor PT 100 é um dispositivo de temperatura de resistência de platina (RTD) com uma resistência típica de  $100\Omega$  a  $0^{\circ}\text{C}$  e pertence à classe de sensores passivos. O sensor muda o valor de resistência conforme alteração da temperatura ambiente (RADETIC et. al., 2015).

Para a aplicação do sensor PT100 em um projeto de automação envolvendo PLC, é necessário utilizar um conversor de grandeza, que transforme a resistência ôhmica ( $\Omega$ ) em corrente elétrica (A). Através do conversor analógico digital (AD) existente no PLC é possível relacionar o valor mili ampère (mA), *Counts* (valor digital convertido) e temperatura.

O conversor do sensor PT100 utilizado foi o de 4-20mA, com proteção contra polaridade, poder de influência 104 ppm/v F.S e com proteção de tensão.

Para o controle de umidade foi utilizado uma placa de Arduino uno para interface entre o sensor DHT22 e o novo sistema de controle PT100. Com isso, a chocadeira passou a ter 2 pontos distintos de sensoriamento de temperatura, obtendo medições de temperatura variáveis em pontos distintos.



Foi parametrizado no PLC uma expressão de média aritmética, para controlar a temperatura em ambos os pontos, obtendo assim uma média da temperatura.

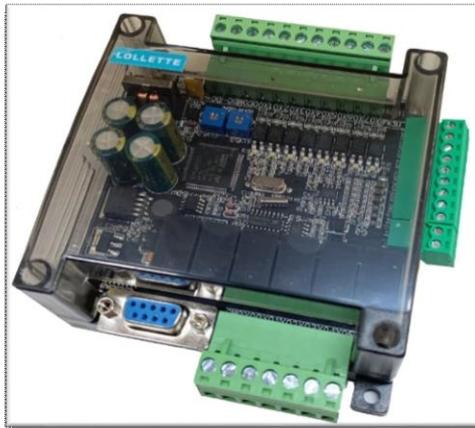
### 3.1 CONTROLADOR PLC FX3U-14MR

Na busca do melhor controlador, observando os objetivos de baixo custo e eficiência satisfatória, se chegou no PLC FX3U-14MR, fabricado e distribuído pelo mercado virtual chinês.

Esse equipamento possui entradas e saídas digitais e analógicas. O interessante é observar que o PLC possui saídas digitais a relé, que facilita a integração das cargas atuais sem a necessidade de interface.

A figura 5 ilustra o PLC FX3U, bem como suas entradas e saídas.

Figura 5 – PLC FX3U Chinês.



Fonte: aliexpress.com (2020)

O PLC da família FX3U Chinês é um produto similar ao sistema e operacionalidade do PLC da fabricante Mitsubishi, ou seja, possui a mesma nomenclatura do modelo e software de programação.

Este controlador pode trabalhar tanto na linguagem Ladder quanto no texto estruturado, sendo que para o desenvolvimento deste trabalho, foi se utilizado o modelo de programação Ladder.

O PLC possui todas as configurações, tal como qualquer controlador vendido no mercado, com entradas e saídas digitais, entradas e saída analógicas bem como a comunicação da rede com protocolo RS232 e RS485.

O PLC possibilita a intercambialidade de softwares entre diferentes empresas. Desta maneira o Software de programação adotado para o projeto, foi o GXWORKS 2, que está disponível gratuitamente no site da Mitsubishi. Essa interoperabilidade do sistema facilita na viabilização do equipamento, em projetos de baixos custos, sem a perda da empregabilidade.

A figura 7 ilustra a tela do software GXWORKS 2, fortemente utilizado em indústrias, devido a sua facilidade e disposição de parâmetros ágeis.

Figura 7 – Tela do software GXWorks 2 Version 1.



**Fonte:** Mitsubishi Electric (2020)

O programa desenvolvido para a aplicação contemplou somente o controle e a monitorização de variáveis mais significativas, tal como temperatura, umidade, tempo de giro, status dos atuadores - aquecedor de água e resistência elétrica. Todavia é possível implementar outros monitoramentos, sendo esses, gráficos de análises de variáveis, alarmes em geral, protocolo com IOT (internet das coisas), entre outras aplicações.

### 3.2 IHM SAKOON EA043A

IHM (Interface homem máquina) é um dispositivo que fará a integração do usuário ao sistema, ou seja, o usuário pode definir as variáveis de controle e visualizar o status de todo o sistema, por meio da comunicação com a central de controle.

A figura 8 ilustra o IHM Samkoon EA043A, tal como a mesma se apresenta.

Figura 8 – IHM Samkoon EA043A.



Fonte: Autor (2020)

O software Satool V6.0, demonstrado na figura 9, foi baixado gratuitamente tal como o GX Works 2 da Mitsubishi. O Satool também é utilizado para o desenvolvimento de aplicações de telas e/ou programação das IHM dos modelos Samkoon.

Figura 9 – Software Satool V6.0.



Fonte: Autor (2020)



#### 4. RESULTADO

Para o projeto foram desenvolvidas 3 telas, tais como: tela inicial, processo e alarmes. A tela inicial é a tela de apresentação geral, contendo hora, data e ícones de telas subsequentes, ou seja, tela de processo e alarmes, conforme figura 10.

Figura 10 – Tela inicial do projeto.



Fonte: Autor (2020)

A tela de Processos, ilustrado na figura 11, contempla as variáveis mais importantes, como a temperatura atual, o *setpoint* da temperatura (°C), o contador, o aquecedor, a resistência e o girar ovos.

Segue abaixo a descrição da funcionalidade de cada item da tela de processo:

- **Temperatura atual** – Registra a temperatura atual da incubadora de acordo com a média aritmética entre as 2 medidas coletadas;
- **Setpoint da temperatura (°C)** – Possibilita parametrizar a temperatura de controle, sendo a temperatura ideal para galináceos, no intervalo de 37 e 38 °C;
- **Contador** – Contabiliza o número de dias, horas e minutos que a chocadeira permanece ligada e registra na tela seus respectivos valores;
- **Indicador do Aquecedor** – Sinalização interativa de funcionamento do aquecedor de aquário;
- **Indicador de Resistência** – Sinalização interativa de funcionamento do aquecedor ambiente;

- **Indicador de Giro dos ovos** – Sinalização interativa de funcionamento do giro dos ovos;

Figura 11 – Visão Simulada da tela de processos.



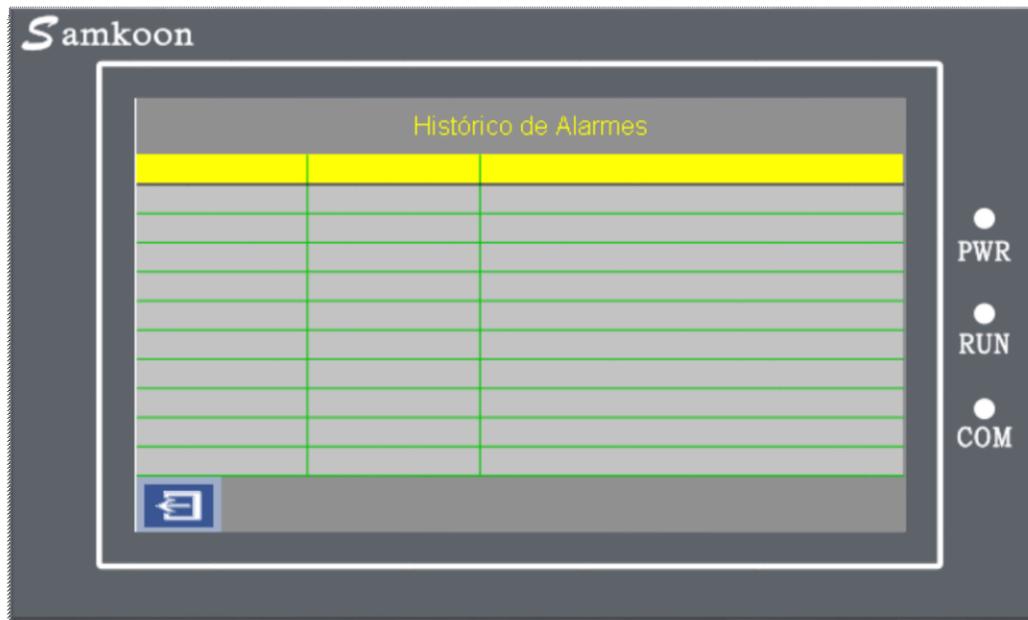
Fonte: Autor (2020)

Vale ressaltar, que de acordo com a Agência Embrapa de Informação Tecnológica, a umidade relativa do ar para a chocagem de um frango de corte é de 65%. Essa porcentagem deverá ser considerada desde a fecundação dos ovos, para garantir a qualidade da chocagem (EMBRAPA, 2020).

Na tela de alarmes, o usuário tem a possibilidade de parametrizar alarmes, caso atinja um determinado valor, parâmetro ou falha de qualquer componente da incubadora. Por exemplo, a lógica do alarme poderá ser acionada quando o aquecedor ou a resistência falharem, avisando o usuário a queima do mesmo.

A figura 12 ilustra a tela de apresentação dos históricos de alarmes. Vale ressaltar que existe a possibilidade de criar um sistema de “*interlock*”, que possibilita o acionamento direto das saídas, ou seja, possibilitando o desligamento automático do aquecedor, da resistência e do motor que gira os ovos. Esse sistema mantém registrado as ocorrências para fins de consulta e análise de uma eventual manutenção.

Figura 12 – Visão Simulada da tela de processos.



Fonte: Autor (2020)

#### 4.1. EXPERIMENTO

Foi realizado um experimento com a incubadora automatizada, onde de 20 ovos que se dispunha, foram escolhidos 14 ovos para serem incubados.

Para a escolha dos ovos, foi aplicado o processo de Ovoscopia, que consiste em colocar os ovos contra uma fonte de luz, em um local escuro, possibilitando a visualização do seu interior.

O processo de Ovoscopia possibilita enxergar vários problemas nos ovos, dentre esses:

- Trincas ou pequenas rachaduras superficiais;
- Saber se o ovo já está velho, analisando o tamanho da câmara de ar e a espessura da gema;
- Coloração ou manchas de sangue que resultam em defeitos genéticos dos galináceos após a chocagem;
- Gemas múltiplas que são impróprios para a chocagem;
- Ovos contaminados por massa escura;

Após a escolha, os ovos foram armazenados na bandeja da incubadora, mantendo o distanciamento entre ambos de aproximadamente 2 cm.

Após o depósito dos ovos, foi realizado o *setup* do equipamento de acordo com as seguintes configurações:

- Abastecimento do espelho de água;
- Inserido o *Setpoint* de temperatura via IHM;
- Salvar receitas na memória interna do IHM;
- Inserido o *Setpoint* de umidade relativa do ar via Arduíno;

As receitas salvas na memória interna do IHM, possibilitam garantir o retorno dos parâmetros que foram inseridos pelo usuário no *setup* do equipamento, caso haja uma ausência de energia elétrica temporária.

Seguindo as orientações da Embrapa (2020), foi ligado o giro dos ovos a partir do segundo dia e desligado no décimo sexto dia, mantendo o giro em 45 graus de hora em hora, conforme programação do PLC.

Após passados 20 dias com a incubadora em atividade, os ovos começaram a serem eclodidos. No vigésimo dia, cerca de 5 (cinco) pintainhos se eclodiram e no dia subsequente, mais 8 (oito) nasceram.

#### 4.2.DISCUSSÃO

Foi observado que durante o experimento, houve uma variação dos parâmetros de temperatura e umidade relativa do ar, conforme ilustrado na Tabela 1.

Tabela 1 – Variação da temperatura e umidade.

	<b>Setpoint</b>	<b>Varição Média</b>	<b>Período</b>
<b>Temperatura</b>	37,5 °C	±0,2 °C	21 dias
<b>Umidade RA</b>	65%	±4%	

Fonte: Autor (2020)

Sobre a variação média de temperatura e umidade relativa do ar, o projeto automatizado conquistou resultados muito bons e dentro dos parâmetros da Agência Embrapa de Informação Tecnológica. A variação de  $\pm 0,2$  °C ficou dentro dos parâmetros de 37 e 38°C predeterminados no projeto.

Segundo Amorin et al. (2014), as chocadeiras comerciais oscilam entre 50, 60 e 70 % na umidade relativa do ar, sendo assim a variação média da umidade relativa do ar nos 21 dias de incubação, estiveram dentro do esperado.

A utilização do sensor de umidade DHT22 foi utilizado para minimizar o custo do projeto, porém não foi possível configurar o protocolo RS485 do PLC com o Arduino, sendo assim, o Arduino agiu de forma isolada no controle da umidade.

Apesar do DHT22 possuir uma precisão inferior, se comparado ao PT100, os ganhos nas medições em pontos distintos, foram muitos satisfatórios.

O índice de performance de eclosão foi de 92,9%, demonstrando a eficiência da incubadora.

$$Eclos\tilde{a}o = \frac{Pintainhos\ nascidos}{N^{\circ}\ de\ ovos\ incubados} \times 100 \quad (1)$$

## 5. CONCLUSÃO

Os dados apresentados nesse artigo, revelam que é possível criar uma incubadora automatizada, que traga melhores resultados que as incubadoras comerciais e que seja de baixo custo.

As chocadeiras Golden podem custar cerca de 16% a mais quando comparado com a proposta neste trabalho, podendo realizar o *payback* entre 4 a 8 meses.

O projeto teve 92,9 % de eficiência no trabalho de eclosão dos ovos, chocando 13 dos 14 ovos depositados na incubadora. Esse valor é quase 7% a mais do que os valores recomendados pela Embrapa para uma incubação com resultados satisfatórios.

Para os posteriores trabalhos, sugere-se que configurar o protocolo RS485 do PLC para com a interface do Arduino. Com isso, os dados dos sensores DHT22 e PT100 poderão ser analisados simultaneamente, conseqüentemente trazendo um ganho de performance maior.

Sugere-se também na aplicação de projetos futuros a implementação de algoritmos inteligentes, tal como é utilizado em inteligência artificial. Essa ferramenta possibilitará corrigir os desvios da temperatura e umidade com o intuito de otimizar a taxa de eclosão ao longo do tempo.



## REFERÊNCIAS

ALIEXPRESS. **Comércio eletrônico**. Disponível em: <https://aliexpress.com>. Acesso em: 13 nov. 2020.

COEL. **Fabricante de produtos para automação industrial**. Disponível em: <https://coel.com.br>. Acesso em: 11 set. 2020.

CHOCADDEIRA GOLDEN. **Fabricante de chocadeiras de ovos**. Disponível em: <https://chocadeirasgolden.com.br/>. Acesso em: 10 set. 2020.

EMBRAPA. **Agência Embrapa de Informação Tecnológica**. Disponível em: <https://www.agencia.cnptia.embrapa.br>. Acesso em: 22 dez. 2020.

MITSUBISHI ELECTRIC. **Fabricante de equipamentos elétricos e eletrônicos**. Disponível em: <https://www.mitsubishielectric.com/>. Acesso em: 10 out. 2020.

PORTAL VGV. **O que é Retrofit? Saiba o significado desta importante ação no mercado imobiliário**. Disponível em: <https://www.portalvgv.com.br/site/o-que-e-retrofit-saiba-o-significado-desta-importante-acao-no-mercado-imobiliario>. Acesso. 20 fev. 2021.

AZEVEDO, H. C. D. A. Controlador Lógico Programável Aplicado à. [s.l.] Universidade federal do rio grande do norte, 2018.

RADETIC, R.; PAVLOV-KAGADEJEV, M.; MILIVOJEVIC, N. The analog linearization of Pt100 working characteristic. Serbian Journal of Electrical Engineering, v. 12, n. 3, p. 345–357, 2015.

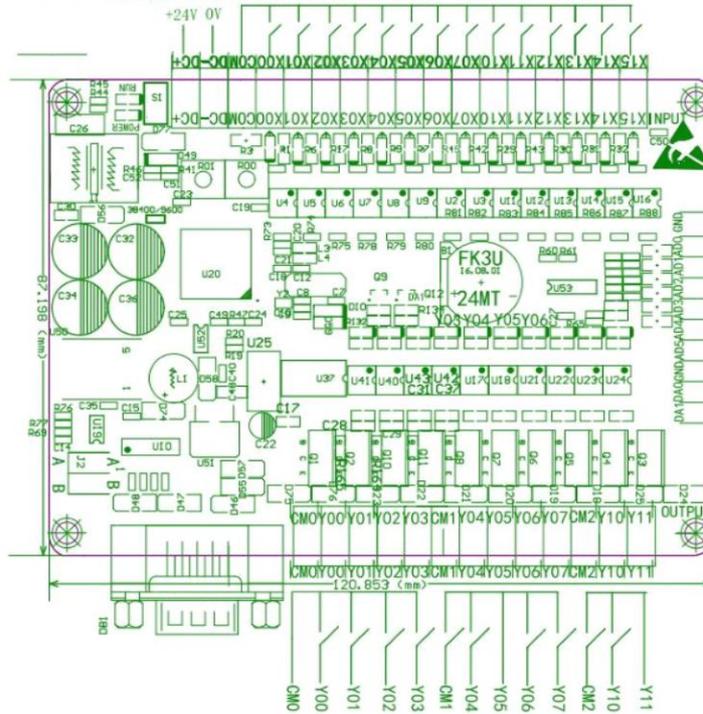
SANTOS, R. C. dos; ARAÚJO, S. I. V. de. Bancada para testes de controlador lógico programável. [s.l.] Universidade federal do amapá pró-reitoria, 2019.



**Anexo A – Diagrama PLC família FX3U**

备注:

- 1、DC-是电源输入接24V开关电源负极
- 2、DC+是电源输入接24V开关电源正极
- 3、COM为输入公共端，为低电平
- 4、X0~X17输入均为低电平有效，可以接NPN系列的传感器
- 5、X0~X5可做高速计数器默认最高12K，可选100K，支持AB编码器和C251等



- 模拟量地，作用是让传感器和PLC共地
- AD0, 默认0~10V输入，对应数值0~4095
- AD1, 默认0~10V输入，对应数值0~4095
- AD2, 默认0~10V输入，对应数值0~4095
- AD3, 默认4~20mA输入，对应数值0~4095
- AD4, 默认4~20mA输入，对应数值0~4095
- AD5, 默认4~20mA输入，对应数值0~4095
- 模拟量地，作用是让传感器和PLC共地
- DA0, 只能是0~10V电压输出，对应数值0~4095
- DA1, 只能是0~10V电压输出，对应数值0~4095

备注: 1、CM0、CM1、CM2只能接电源负极



