

## SISTEMA DE INCUBAÇÃO AUTOMÁTICO PINTO FELIZ

Leandro Henrique Fonseca Algenton<sup>1</sup>

André Renato Bakalereski<sup>2</sup>

[leandroalgenton@gmail.com](mailto:leandroalgenton@gmail.com)

<sup>1</sup>Aluno do Curso de Engenharia Elétrica, Universidade São Francisco; Campus Itatiba

<sup>2</sup>Professor Orientador, Curso de Engenharia Elétrica, Universidade São Francisco; Campus Itatiba.

**Resumo.** A importância da avicultura em criações de subsistência é um tema pouco discutido no cenário de produção nacional, entretanto, este assunto, é muito relevante para uma população de trabalhadores agrícolas de comunidades rurais.

Pesquisando e coletando dados desse público específico verifica-se carência de conhecimento técnico sobre o assunto e algumas vezes a falta de recurso e acesso a incubadoras mais sofisticadas que poderiam garantir melhores taxas de eclosão e crias com maior potencial de desenvolvimento.

O artigo proposto procurou condensar de maneira estruturada informações fundamentais que garantissem uma boa incubação segundo as revisões bibliográficas estudadas, e propôs a apresentação de um protótipo de incubadora automática de custo acessível que garantisse o controle das variáveis fundamentais para uma boa incubação.

Os resultados atingiram parcialmente o resultado pretendido, já que o tempo limitado foi um fator que impossibilitou a integração completa de cada função de controle, assim, o controle de cada variável foi testado isoladamente e um resultado comparativo entre a taxa de eclosão de um sistema manual em relação ao protótipo automático deste artigo fica como sugestão de continuidade de estudo.

**Palavras-chave:** Pinto feliz, avicultura, subsistência, chocadeira automática

### 1 INTRODUÇÃO

Segundo a Embrapa, o Brasil ocupou em 2019 o terceiro lugar como maior produtor de frango do mundo e o primeiro lugar como maior exportador mundial (EMBRAPA, 2019). A agroindústria formada por pequenos, médios e grandes produtores é a força motriz por trás de tais resultados, e esses números expressivos garantem ao país uma posição de relevância no mercado global. Porém, existe ainda um grupo discreto que não faz parte dessas estatísticas, um grupo que diferente dos gigantes da agroindústria não possuem motivações comerciais nas suas produções, esses dedicados trabalhadores são os pequenos criadores onde sua produção é exclusivamente utilizada para subsistência familiar e comunitária.

Diferente dos grandes produtores quais contam com sistemas de incubação sofisticados, como por exemplo controle preciso de temperatura, controle de umidade relativa do ar, sistema de troca de gases e sistema de viragem automática, os pequenos criadores geralmente não dispõem destes recursos para proporcionar uma incubação de qualidade que garantam taxas de eclosão suficientemente interessantes para o sucesso da produção. A utilização de sistemas de incubação com limitações técnicas de engenharia, falta de um estudo aprofundado sobre o tema

e equipamentos com baixa robustez eletrônica, são alguns dos fatores responsáveis por incubações de baixa qualidade, taxas de eclosão imprevisíveis e geralmente baixas.

Considerando esse nicho específico, o objetivo principal deste artigo é apresentar um estudo teórico sobre incubação de ovos e validar essa pesquisa através de um protótipo de um sistema de incubação. A intenção é introduzir ao pequeno produtor a importância de seguir alguns passos teóricos fundamentais durante a incubação e auxiliá-lo no desenvolvimento de produto tecnicamente viável, para assim gerar crias de maior qualidade, que como especifica (LAUVERS & FERREIRA, 2011) “lotes uniformes em tamanho e peso, mortalidade de no máximo 0,5 a 1,0% na primeira semana de vida”.

Dentro desse cenário, alguns objetivos específicos precisam ser atingidos, como por exemplo integrar essa solução dentro de um produto viável e de baixo custo, utilizando sistemas e dispositivos eletroeletrônicos de fácil acesso.

Para desenvolver esse projeto será adotado os seguintes métodos: serão revisados bibliograficamente artigos científicos que abordam métodos adequados para uma boa incubação e taxa de eclosão. Apoiado por essa pesquisa será integrado um sistema de controle numa plataforma eletrônica para o gerenciamento do ambiente de incubação, monitorando e controlando variáveis como: temperatura, umidade, nível de oxigênio e viragem dos ovos. Ao final será realizado um comparativo para avaliar a eficácia do projeto em relação a uma incubação que ignoram esses estudos e com recursos de controle limitados.

O trabalho está dividido em revisão bibliográfica, onde será apresentado dados estatísticos pertinentes à produção e taxa de eclosão em criações de frangos de corte com foco em produções de subsistência, serão definidas características fundamentais para uma incubação de qualidade, pré-requisitos ideais para seleção dos ovos, assim como um referencial teórico sobre a importância das trocas gasosas, umidade, controle de temperatura e viragem dos ovos. Ainda na revisão bibliográfica será abordado a importância destes fatores para melhor aproveitamento e desempenho do potencial genético da cria. Seguindo a sequência, têm-se a metodologia, que apresenta os aspectos construtivos da incubadora, serão abordados os pontos-chaves da construção mecânica e apresentado as etapas de desenvolvimento do projeto eletrônico, por fim o protótipo será submetido a um teste prático real para apresentação dos resultados parciais.

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1 Tecnologia e a cadeia de avicultura de corte**

A avicultura de corte é considerada uma importante cadeia de suprimentos no setor agroindustrial, com expressivos investimentos tecnológicos, de capital e geração de empregos. Possui vantagens competitivas devido ao rápido ciclo produtivo, ter a possibilidade de uma estrutura organizacional verticalizada e ser uma proteína animal de baixo custo, o que atrai consumidores de diferentes classes sociais, quando comparados a outros setores do agronegócio (Schultz & Reck, 2016) e (Schmidt & Silva, 2018).

Como abordado por Espíndola (2012) e (Schmidt & Silva, 2018), os significativos avanços em pesquisa e desenvolvimento de novas tecnologias no setor da avicultura, converteram o Brasil em um dos maiores produtores e exportadores de carne de frango mundiais. De acordo com Jesus Junior et al. (2007) e (Schmidt & Silva, 2018), a cadeia produtiva de frangos de corte apresenta uma das trajetórias mais importantes dentre as cadeias produtivas agroindustriais brasileiras, marcada por constantes evoluções técnicas e tecnológicas, que resultaram na conquista do mercado interno e externo, superando os principais fornecedores avícolas mundiais.

Em 1980 o surgimento de novas tecnologias dentre outros fatores, contribuíram para o surgimento de grandes grupos agroindustriais ligados ao mercado externo, ocasionando aumento da produção, da competição e da seletividade, excluindo os produtores mais pobres. (BUAINAIN et al., 2007) e (Schmidt & Silva, 2018).

### 2.1.1 Transferência tecnológica na cadeia produtiva

Toda essa evolução tecnológica, tem como marco inicial 1950, onde o país abandona o método de avicultura vigente que começara em 1920 e 1930 e entrava definitivamente na avicultura industrial, adotando novos métodos de manejo e dando uma maior importância nos fatores biológicos e sanitários por trás da produção (Sorj, 2008).

Na entrada dessa nova fase de produção industrial, pôde-se observar que todo processo, basicamente é feito sob condições artificiais, permitindo assim, que a transferência tecnológica possa ser aproveitada em qualquer localização geográfica no país, já que fatores, por exemplo, como o clima, também fazem parte desse controle gerenciado pela tecnologia, utilizando recursos de regulação térmica, umidade e controle de patologias específicas do novo ambiente de produção (Sorj, 2008).

Tomando como base a premissa, que nos tempos atuais podemos desenvolver sistemas tecnológicos que apresentam altos índices de eficiência na avicultura, ainda sim, criadores exclusivamente voltados para produção de subsistência, possuem dificuldades no manejo e criação de aves de corte, será apresentado adiante maneiras de melhoria para esse público, com foco no processo de incubação.

## 2.2 Incubação artificial

Muito antes da criação da ave em si, um fator que é de extrema importância para melhor aproveitamento da cria é o processo de incubação, uma boa incubação garante que a cria possa ter um melhor aproveitamento genético, reduzindo os custos com suplementação, e minimizando perdas por problemas de saúde.

Segundo Visschedijk (apud Mora, 2008 p.4) “a incubação artificial é um processo cujo objetivo é fornecer artificialmente ao ovo um ambiente controlado para o desenvolvimento do embrião, procurando controlar a temperatura, a viragem do ovo, o fluxo de ar, a umidade relativa e a higiene dentro da câmara nos níveis adequados. Com a incubadora de ventilação forçada é possível aumentar a população de aves segundo as necessidades”.

Os desvios dessas variáveis controladas em relação aos valores ótimos, podem resultar na inviabilidade do embrião, aumento mortalidade e diminuição da eclosão e eclodibilidade (PIAIA, 2005).

As incubadoras podem ser de estágio único ou estágio múltiplo (Mora, 2008), para o objeto de estudo desse artigo científico que contempla incubadoras direcionadas a um público de criação de subsistência, será utilizada como modelo as incubadoras de estágio único. Nestas incubadoras, segundo Callejo (apud Mora, 2008 p.4), “é possível manter as condições precisas de temperatura, umidade e ventilação requeridas pelo embrião em cada fase do desenvolvimento. Além disso, o período de vazio permite a limpeza, higiene, desinfecção da máquina e práticas de manutenção. A máquina pode ser fechada completamente para reter a umidade possibilitando que o calor seja trocado entre o ambiente e os ovos”.

### 2.2.1 Cálculo de eclodibilidade

Levando em consideração que a incubadora não tem responsabilidade sobre a fertilidade dos ovos, é justo que a avaliação do resultado de eclodibilidade seja feito através de um cálculo entre a porcentagem dos nascimentos pela porcentagem da estimativa de fertilidade do lote de ovos fornecidos pela granja (Cobb-Vantress Brasil, 2008). Exemplo hipotético:

$$(\% \text{ nascimento} \div \% \text{ fertilidade}) * 100 = \% \text{ de nascimento dos ovos férteis}$$

Tabela 1: Exemplo entre porcentagem de nascimento pela fertilidade

Incubatório	% Nascimento	% Fertilidade	% Nascimento de Ovo Fértil
A	86	97	88.66
B	82	91	90.11
C	84	94	89.36

(Fonte: Cobb-Vantress Brasil, 2008)

Como observado na Tabela1, mesmo o exemplo do incubatório B apresentar uma taxa de nascimento absoluta inferior, quando consideramos a fertilidade do lote percebe-se que seu resultado efetivo é superior aos outros incubatórios, neste caso a porcentagem de ne nascimento foi limitada pela fertilidade e não pela qualidade e capacidade do incubatório. (Cobb-Vantress Brasil, 2008).

### 2.3 Pré-incubação

Embora a incubadora seja constantemente o centro das atenção quando falamos em sucesso de eclodibilidade, outro fator é de primordial importância para garantir o futuro sucesso do processo incubatório é a fertilidade dos ovos, cujo fator é influenciado inteiramente pela granja (Cobb-Vantress Brasil, 2008), por isso há um trabalho a ser desenvolvido com o granjeiro para que sejam controlados esses fatores de sua responsabilidade.

Tabela 2: Fatores que podem ser controlados Granja x Incubatório

Fatores que podem ser controlados	
<b>Granja</b>	<b>Incubatório</b>
Nutrição da Matriz	Programa Sanitário
Doenças	Armazenamento de Ovos
Infertilidade	Ovo Danificado
Ovo Danificado	Incubação - gerenciamento do funcionamento das máquinas incubadoras e nascedouros
Correto Controle do Peso Corporal de Fêmeas e Machos	Manuseio dos Pintinhos
Programa Sanitário do Ovo	
Armazenamento de Ovos	

Portanto, a granja exerce uma grande influencia nos resultados do incubatório; daí a importância do trabalho conjunto entre granja e incubatório.

Fonte: (Cobb-Vantress Brasil, 2008)

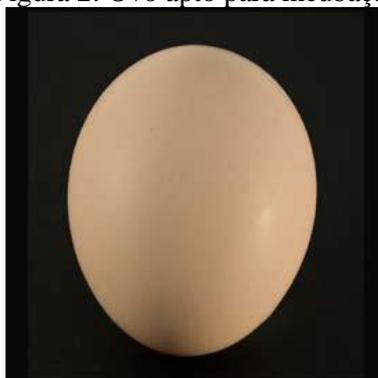
(Cobb-Vantress Brasil, 2008) ainda continua, somente se conseguem ótimos nascimentos e pintinhos de boa qualidade, quando se mantém os ovos em ótimas condições, desde de o momento da postura até a inserção da incubadora. O potencial desse ovo recém posto para o nascimento se deteriora rapidamente caso o manejo antes da incubação seja insatisfatório, ovos de chão devem ser separados em relação aqueles produzidos nos ninhos e claramente identificados, caso sejam usados para incubação devem ser manuseados separadamente, a manipulação dos ovos até o momento da inserção na incubadora deve ser feito com cuidado absoluto, armazenado adequadamente em um ambiente limpo e afastado de intempéries.

Figura 1: Exemplo de ovos inaptos para incubação



(Fonte: Cobb-Vantress Brasil, 2008)

Figura 2: Ovo apto para incubação



(Fonte: Cobb-Vantress Brasil, 2008)

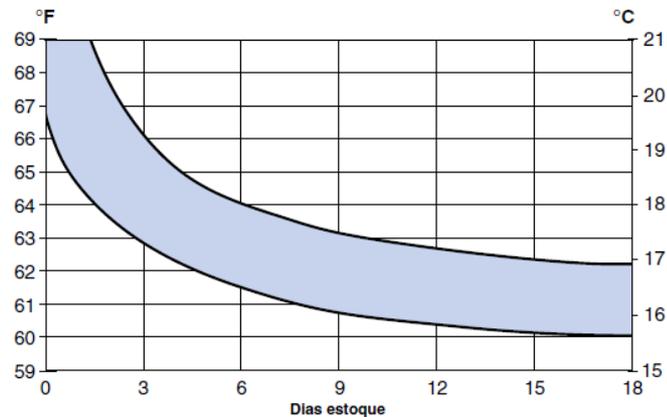
Como ilustram a Figura 1, são considerados ovos não aptos para incubação: sujos, quebrados, deformados, demasiadamente pequenos, grandes de dupla gema. Já a Figura 2 apresenta um ovo considerado visualmente apto para incubação.

## 2.4 Estocagem

A estocagem também se relaciona com o sucesso da eclodibilidade, portanto é um tópico importante no qual algumas considerações devem ser levadas em conta. Como é destacado em (Cobb-Vantress Brasil, 2008), os ambientes onde são armazenados os ovos devem apresentar temperatura e umidade similares para evitar que mudanças bruscas do ambiente afetem o sucesso da eclosão, deve-se ter em mente que as mudanças de temperatura e umidade quando necessário devido ao armazenamento ou transporte, devem ser suaves e graduais.

(Cobb-Vantress Brasil, 2008) ilustra na Figura 3 uma relação entre o tempo de armazenando e o controle de temperatura.

Figura 3: Temperatura ideal em função do tempo de armazenamento



(Fonte: Cobb-Vantress Brasil, 2008)

Já Brito (apud LAUVERS & FERREIRA, 2011 p.7) recomenda um tempo de armazenamento de 2 a 4 dias, pois como conclui MURAROLLI (apud LAUVERS & FERREIRA, 2011 p.7) “à medida que o tempo de armazenamento aumenta, reduz o rendimento da incubação, qualidade dos pintos”.

## 2.5 Considerações sobre o efeito do armazenamento dos ovos

O armazenamento dos ovos é uma prática necessária na fase de pré incubação, mas a maneira como isso é feito interfere diretamente no sucesso da eclodibilidade, por isso alguns efeitos devem ser de conhecimento geral para um manejo ideal.

Quanto mais tempo armazenado, maior deve ser o tempo de incubação, geralmente a relação é para cada dia armazenado, uma hora de adição ao tempo de incubação, após 6 dias de armazenamento a taxa de eclosão diminui em média de 0,5 à 1,5% ao dia e acima de 14 dias a qualidade da cria será comprometida já que a troca de gases e perda de umidade ocorrem constantemente desde o momento que o ovo passa pela cloaca, e por fim para aqueles que costumam armazenar os ovos em caixa fechadas, recomenda-se disponibilizar um tempo para secagem e resfriamento antes do encaixotamento para prevenção de proliferação de fungos (Cobb-Vantress Brasil, 2008)

## 2.6 Incubação

Segundo (Oliveira & Santos, 2018), o tempo total médio de uma incubação de ovos de galinha é de 21 dias, sendo que durante 18 dias os ovos são mantidos na incubadora e os últimos 3 dias nascedouro, podendo este período variar de acordo com as características dos ovos e variáveis do ambiente. O autor ainda elenca (PIAIA, 2005) os fatores físicos responsáveis pelo desempenho físico da incubação: temperatura, umidade, ventilação e viragem, que quando dentro de um conjunto específico de equilíbrio, determinam o sucesso do desenvolvimento embrionário.

### 2.6.1 Temperatura

A temperatura por exemplo é fator primordial no qual determina a velocidade do metabolismo do embrião e conseqüentemente seu desenvolvimento (Oliveira & Santos, 2018). Enquanto que o calor estimula o desenvolvimento embrionário, o frio retarda esse processo (Michelin Groff, et al., 2017).

Os autores ANCEL & VISSCHEDJIK (apud Oliveira & Santos, 2018 p.8) afirmam que a temperatura ideal para o desenvolvimento embrionário de frangos é entre 37,5°C e 37,8°C, sendo observado por (BARROT, 1937) e (Lourens, van den Brand, Meijerhof, & Kemp, 2005)

que sob essa temperatura houve melhoras nos índices de eclodibilidade, desenvolvimento embrionário e desempenho no final do ciclo de incubação.

MURAROLLI & MENDES (apud Oliveira & Santos, 2018 p.8) ainda esclarecem que quando a temperatura não está adequada, pode comprometer o lote todo em incubação, se a temperatura estiver abaixo do ideal poderá haver: atraso no nascimento, pintinhos com edemas e ovos bicados, mas não nascidos. Assim como temperaturas elevadas podem ocasionar: aceleração no nascimento dos pintinhos, quantidade elevada de crias pequenas, pintinhos mortos no nascedouro e aumento da taxa de mortalidade entre os dias 19 e 21 da incubação.

Para WILSON (apud BARACHO, NÄÄS, & GIGLI, 2010 p.564) a maioria das aves possui temperatura ótima de incubação entre 37°C e 38°C e desvios mínimos possuem impactos no desenvolvimento embrionário. Estudos sobre a temperatura ideal de incubação ainda são divergentes, no entanto, entre os autores citados anteriormente há um entendimento que a temperatura ótima de incubação compreende a faixa de 37,8°C até o 18º dia de incubação e após isso reduzindo para 37,6°C até o nascimento.

### 2.6.2 Umidade

Durante a incubação o ovo perde água pelos poros da casca, esse processo é completamente natural e deve acontecer para que haja o desenvolvimento adequado do embrião (Oliveira & Santos, 2018). Como destaca (Mora, 2008), a taxa dessa perda de água depende da umidade relativa no interior da incubadora, Robinson (apud Oliveira & Santos, 2018 p.8) conclui que aos poucos o espaço da água perdida no interior do ovo é substituída pelo oxigênio necessário para o metabolismo do embrião.

(Mora, 2008) Relata que apesar da umidade ser um fator importante durante a incubação, ela não representa um fator tão crítico quanto a temperatura, essa conclusão pode ser apoiada por Neves (apud Mora, 2008 p.12) que apresenta dados referente a constituição de água presente na gema sendo entre 42 a 65% e no albume 85 a 95%, ainda sim, (Mora, 2008 p.12) cita: “na taxa de produção de calor metabólico do embrião, na massa do pinto (relação massa do ovo por massa do pinto), na flexibilidade da membrana da casca para saída do pinto (elasticidade), no desenvolvimento embrionário (indiretamente: cicatrização umbilical) e ajuda a inflar os pulmões após nascimento.”

De acordo com Gonzales 2009, uma perda entre 10% a 14% é necessária para que ocorra um bom desenvolvimento embrionário, portanto, uma administração errada da umidade do ambiente, podem ocasionar problemas no desenvolvimento do pintinho. Alguns autores como (MORENG & AVENS, 1990; TAYLOR, 1999; BRUZUAL et al., 2000; PEEBLES et al., 2000; DECUYPERE et al., 2003; BARBOSA et al., 2008). Constaram em seus estudos que umidade relativa mais alta do que a recomendada pode acelerar a eclosão, gerando pintos molhados, pegajosos e com probabilidade de morte embrionária elevada. O contrário, com umidade relativa abaixo do recomendado podem ocasionar perdas excessivas de água, ocasionado desidratação, atraso na eclosão e também mortalidade embrionária.

A umidade relativa recomendada em estudos por (MEIR et al., 1984; VICK et al., 1993; COLLINS, 1998; BRUZUAL et al., 2000; DECUYPERE et al., 2003; MURAROLLI & MENDES, 2003; CAMARGO, 2011; FURLAN, 2013; VAN DER POL et al., 2013) (apud Oliveira & Santos, 2018 pg.8344) Está entre 50 a 65%

### 2.6.3 Ventilação e troca de gases

O oxigênio é um elemento essencial para qualidade do desenvolvimento do embrião durante seu período incubatório, DECUYPERE (apud Almeida, 2008 p.18) cita que durante a incubação, o metabolismo do embrião consome oxigênio e libera dióxido de carbono. (PIAIA, 2005) se aprofunda revelando que durante o primeiro período de incubação que se estende do 1º até o 18º dia, o oxigênio é absorvido por meios capilares, já durante o segundo período de incubação que compreende o 18º até o 21º dia, toda água é perdida, surge então uma câmara de ar, onde pela primeira vez o embrião passa a inflar os seus pulmões.

Sendo o oxigênio mais uma das variáveis de fundamental importância para uma

incubação de sucesso, fatores como sua quantidade e distribuição devem ser foco de atenção. O autor Wood (apud PIAIA, 2005 pg.13) esclarece que sob temperaturas mais elevadas o consumo de oxigênio aumenta mais que o suprimento, causando assim aumento na mortalidade dos embriões. MAXWELL et al. (apud PIAIA, 2005 pg.13) demonstraram que pintos sujeitos à hipóxia durante a incubação apresentaram lesões pulmonares e cardíacas precoces.

O nível de oxigênio a nível do mar é de aproximadamente 21%, sendo impossível um aumento dessa quantidade sem meios artificiais, atualmente os setores de incubação já provém essa taxa de oxigênio de 21% como cita (PIAIA, 2005), no entanto, o autor continua que a maior preocupação se deve no aumento de dióxido de carbono produzido pelos pintinhos recém nascidos, podendo tornar o ambiente tóxico a níveis elevados.

A tabela 3 retirada de (MAULDIN, 2003) e adaptada por (PIAIA, 2005) ilustra a representação das trocas gasosas durante a incubação de 1000 ovos.

Tabela 3: Troca gasosa durante a incubação por 1000 ovos

Dias de incubação	Absorção de oxigênio (m <sup>3</sup> )	Liberação de dióxido de carbono (m <sup>3</sup> )
1	0,014	0,008
5	0,033	0,016
10	0,107	0,054
15	0,647	0,325
18	0,85	0,436
21	1,285	0,651

Fonte: MAULDIN, 2003 (apud PIAIA, 2005 pg.14)

O objetivo da ventilação na incubação é proporcionar ar fresco e umidificado para o interior da incubadora e a retirada do calor e dióxido de carbono do seu interior (Cobb-Vantress Brasil, 2008). A tabela 4 de MACARI & GONZALES (apud PIAIA, 2005 pg.15) ilustra a relação de níveis de dióxido de carbono aceitáveis de acordo com o ambiente.

Tabela 4: Níveis Aceitáveis de CO<sub>2</sub>

Ambiente	CO <sub>2</sub> máximo	
	ppm	%
Incubadoras	3000	0,3
Nascedouros	5000	0,5
Salas	300	0,03

Fonte: MACARI & GONZALES, 2003 (apud PIAIA, 2005 pg.15)

#### 2.6.4 Viragem dos ovos e posicionamento

A viragem dos ovos exerce um papel importante para o desenvolvimento do embrião, é citado em (Cobb-Vantress Brasil, 2008) que isto deve ser feito para evitar a aderência do embrião a casca do ovo, principalmente no início da incubação em que a viragem ainda auxilia na circulação do ar. Segundo Brinsea (apud Mora, 2008 pg.16) diz que, ao virar o ovo, o embrião

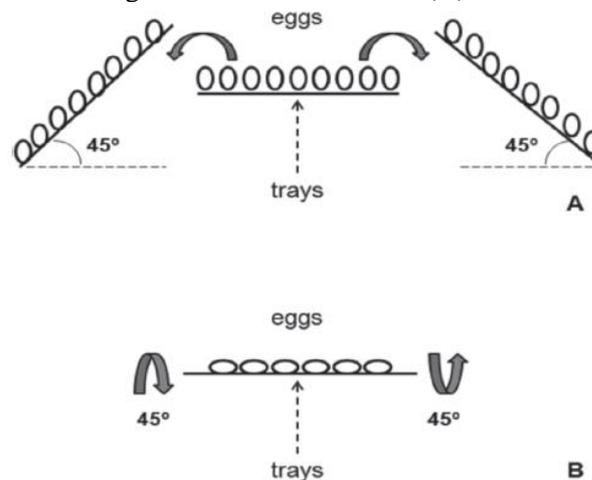
é envolvido por nutrientes frescos permitindo o seu desenvolvimento, e que a viragem é fundamental e crítica na primeira semana, quando o embrião ainda não tem o sistema circulatório definido.

Como (Boleli, Morita, Matos Jr, Thimotheo, & Almeida, 2016) esclarecem: a incubação durante as primeiras semanas são críticas devido a longa distância entre o embrião e a casca, e a alta densidade do albúmen presente. O embrião depende da difusão de gases entre a casca e albúmen para obter oxigênio e eliminar gás carbônico, e a viragem dos ovos auxilia nesse processo já que nesse período as trocas gases ocorrem diretamente pelas células do embrião que nesse momento está presente na superfície da gema. Wilson, 1991 (apud PIAIA, 2005 pg.16) conclui que a viragem dos ovos ainda previne a aderência do embrião à membrana interna da casca e promove desenvolvimento correto das membranas extraembrionárias.

Não há consenso sobre a frequência e ângulo de viragem entre diversos autores, mas se convencionou entre as principais incubadoras comerciais que uma viragem de 45° a cada hora, obtém-se resultados muito satisfatórios, como é observado por (Almeida, 2008).

É apresentado em (Mora, 2008) e adaptado por (Boleli, Morita, Matos Jr, Thimotheo, & Almeida, 2016), na figura 4, a viragem quando os ovos são posicionados verticalmente e quando os ovos são posicionados horizontalmente.

Figura 4 - Viragem dos ovos na vertical (A) e horizontal (B)



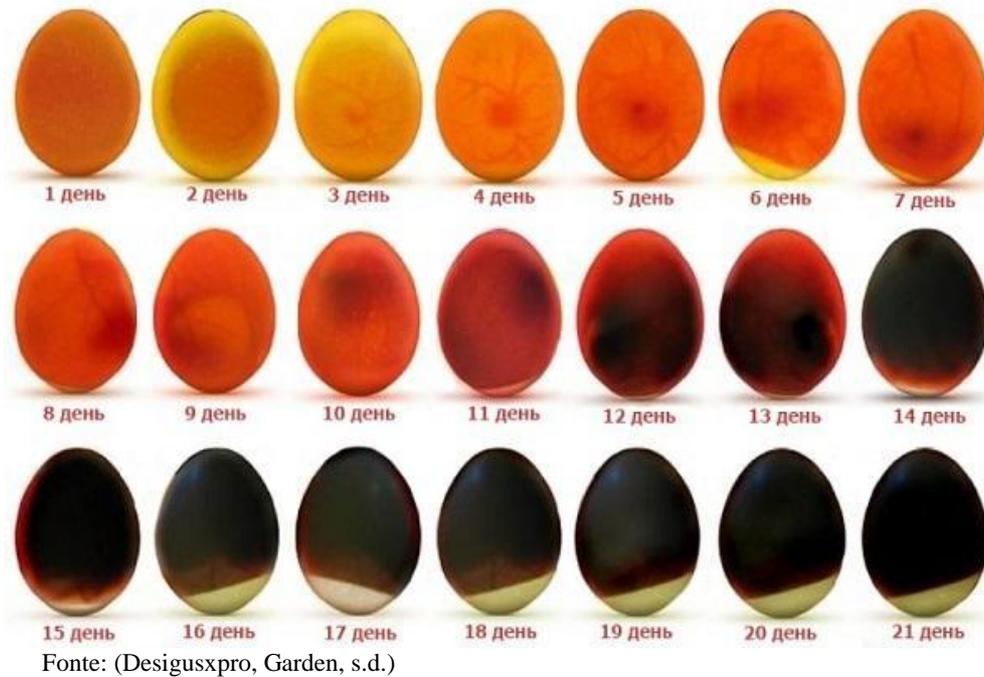
Fonte: (Mora, 2008) e adaptado por (Boleli, Morita, Matos Jr, Thimotheo, & Almeida, 2016).

### 2.6.5 Ovoscoopia

A ovoscoopia consiste em um método de posicionar o ovo contra uma fonte de luz em um ambiente escuro afim de identificar visualmente possíveis avarias e assim separá-los rapidamente garantindo a qualidade dos ovos a serem incubados. Já no primeiro dia da postura podem-se identificar micro rachaduras e trincas (Indústria, Fornari, 2016). Para (Rosa & Avila, 2000) é indispensável que seja realizada a ovoscoopia para retirada de ovos claros e inférteis a partir do décimo de dia de incubação.

(Cobb-Vantress Brasil, 2008) explica que a ovoscoopia garante um ambiente saudável para os ovos incubados removendo embriões mortos, ovos inférteis, estragados e outros. Geralmente no estágio final da incubação, na transferência dos ovos para o nascedouro, esse processo é importante para evitar que os pintinhos recém nascidos tenham contato com ovos possivelmente contaminados. (Indústria, Fornari, 2016) cita no 7º dia da incubação é possível analisar o desenvolvimento embrionário, quando o ovo é fértil enxerga-se ramificações de vasos sanguíneos, uma coloração mais escura e um ponto preto. Se a gema é identificada facilmente significa que o ovo está infértil.

Figura 5 - Ovoscopia do 1º ao 21º dia de incubação



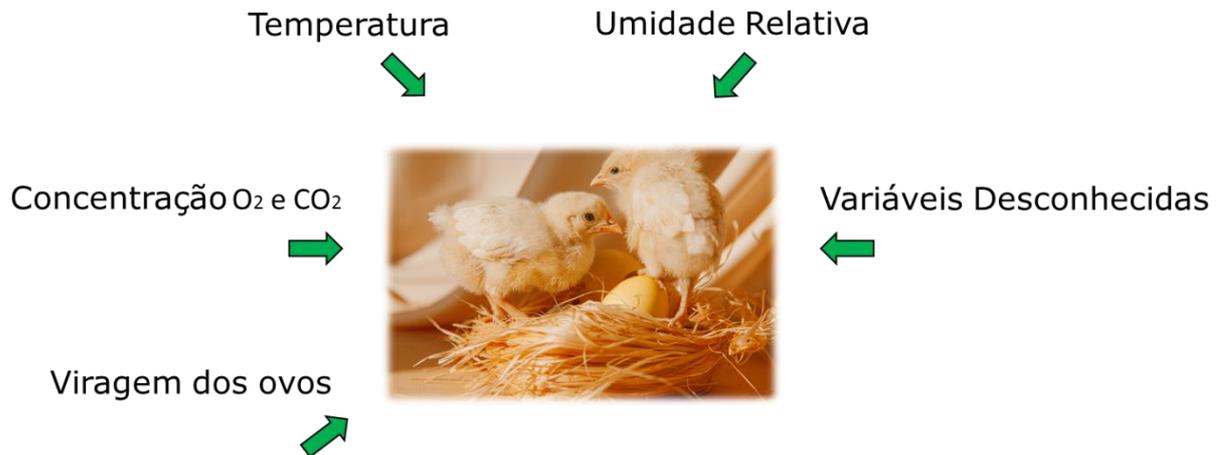
### 3 METODOLOGIA

#### 3.1 Considerações Iniciais

A metodologia considera o desenvolvimento de um sistema de incubação que compreenda o controle das variáveis responsáveis por gerar um microambiente ideal para incubação, (Mora, 2008) cita as variáveis mais relevantes: temperatura, umidade relativa do ar, posição e frequência de giro, velocidade do ar e concentração de oxigênio e dióxido de carbono, porém, uma importante observação deve ser feita, essas variáveis compreendem exclusivamente o controle de um ambiente de incubação supondo que as etapas pré incubação foram feitas de maneira adequada, desde a postura até a inserção na incubadora como alerta (Cobb-Vantress Brasil, 2008).

Como elaborado no referencial teórico, o sistema de incubação deverá simular um ambiente artificial de condições ótimas para o sucesso do desenvolvimento do embrião. A figura 6 ilustra as variáveis de controle para o microambiente ideal.

Figura 6 - Variáveis relevantes durante incubação



Fonte: (Adaptado de (Mora, 2008))

As variáveis possuem níveis de criticidade, é um consenso acadêmico que a temperatura é o fator mais crítico, portanto essa variável necessitará de uma atenção mais rigorosa. Tal informação é importante, pois dessa forma será projetado um controlador que apresente um nível satisfatório de precisão.

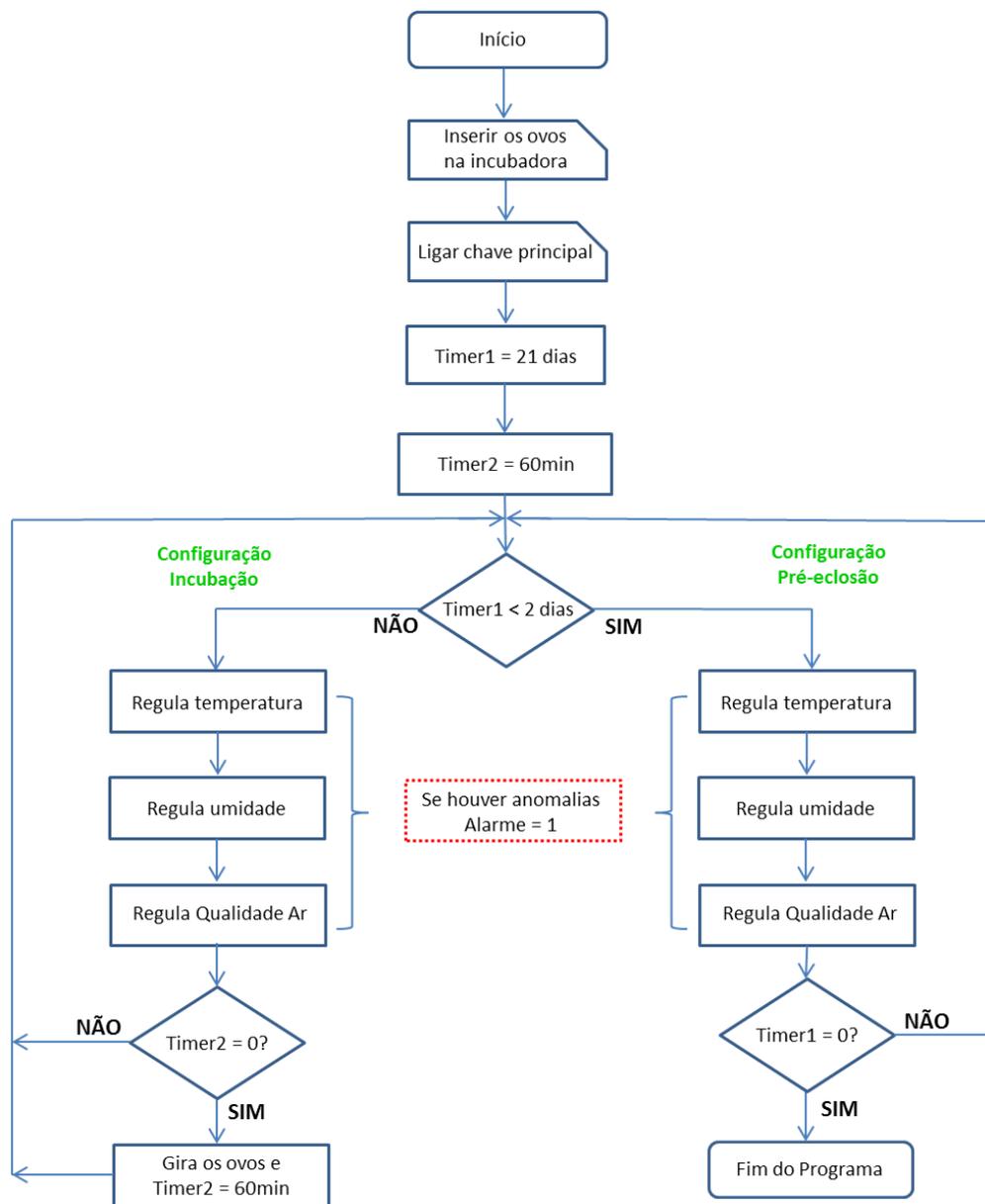
### 3.2 Consideração do processo incubatório

Como abordado por (Oliveira & Santos, 2018) o processo incubatório dura 21 dias, sendo 18 dias de incubação e 3 dias no nascedouro, seguindo essa referência, o processo incubatório será dividido em duas etapas: etapa de incubação e etapa da pré-eclosão. Dessa maneira o projeto compreenderá duas situações e condições ambientais distintas necessárias no processo de incubação.

### 3.3 Condições da incubação e fluxograma

Fundamentalmente, o processo de incubação pode ser representado pelo fluxograma da figura 7. O sistema eletrônico da incubadora irá contar com dois “timers”, utilizados para contagem de tempo, o “timer1” é referente ao de tempo total para incubação, ou seja, 21 dias, o “timer2” é a relação de tempo responsável pelo ciclo da viragem dos ovos.

Figura 7 - Fluxograma fundamental do processo incubatório



Fonte: (Própria)

O fluxograma possui dois ciclos de condições ambientais distintos: ciclo de incubação e de pré-incubação, os valores para cada ciclo podem ser observados na tabela 5:

Tabela 5 - Relação período de incubação e condições ambientais

Ambiente \ Tempo	Ciclo de Incubação (Dia 1 ao 18)	Ciclo Pré Eclosão (Dia 19 ao 21)
Temperatura (°C)	37,8	37,5
Umidade Relativa (%)	53	65
Concentração O2 (%)	23	23
Concentração CO2 (ppm)	3000	5000
Realizar viragem a cada (min):	60 min	N/A

Fonte: (Própria)

É importante observar que os ovos devem ser virados a cada 60 minutos apenas no período entre o dia 1 ao dia 18. Próximo do nascimento a viragem é interrompida para evitar danos a cria após o nascimento.

### 3.4 Metodologia do controle do microambiente

#### 3.4.1.1 Metodologia do controle de temperatura

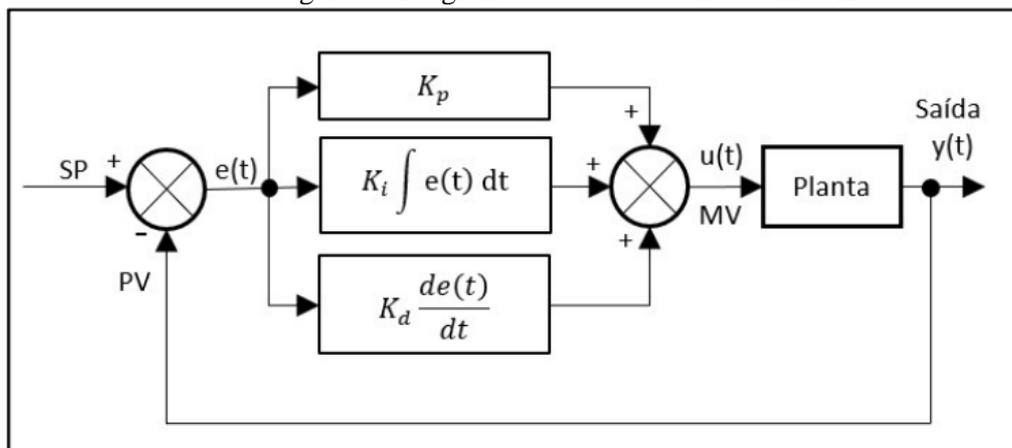
Para WILSON (apud BARACHO, NÄÄS, & GIGLI, 2010 p.564) a maioria das aves possui temperatura ótima de incubação entre 37°C e 38°C e desvios mínimos possuem impactos no desenvolvimento embrionário. Devido a criticidade do controle de tal variável, foi utilizado no projeto um controlador PID. Para Levine (1996 apud (Pinto, 2014)) cerca de 90 a 95% dos problemas de controle podem ser resolvidos por esse controlador.

Segundo (Aström & Hägglund, 1995) a equação característica de um controlador PID pode ser representado segundo da Equação 1. Onde  $u(t)$  é a saída,  $e(t)$  o erro,  $(K_p)$  o ganho proporcional,  $(T_i)$  o ganho integral e  $(T_d)$  o ganho derivativo.

$$u(t) = K_p e(t) + K_p \frac{1}{T_i} \int e(t) dt + K_p T_d \frac{de(t)}{dt} \quad (1)$$

(França, 2018) ilustra o diagrama de blocos de um sistema PID na Figura 8

Figura 8 - Diagrama de blocos de um sistema PID



Fonte: (França, 2018)

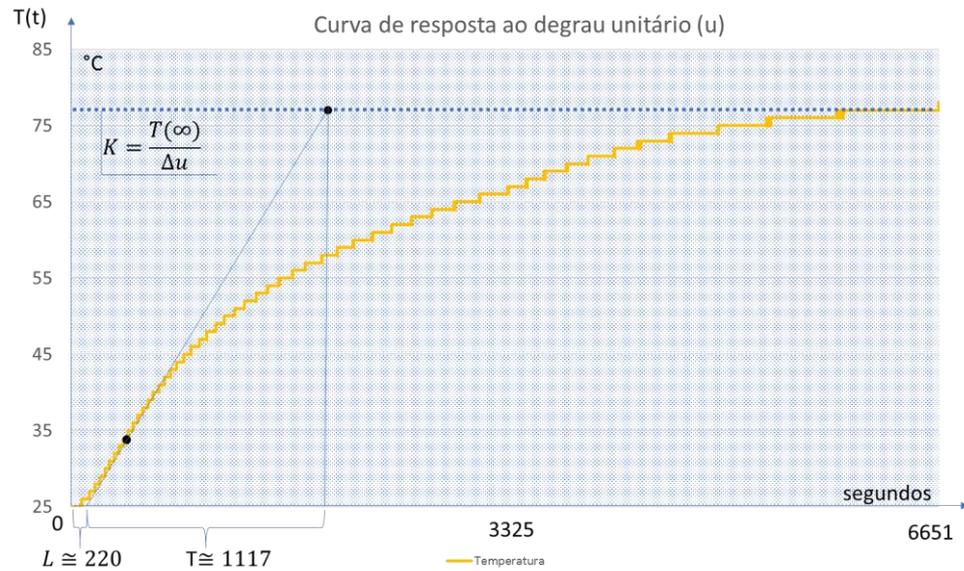
#### Método Ziegler – Nichols Malha aberta

Segundo (França, 2018), esse método é o mais simples para obtenção dos parâmetros de um controlador PID. Para isso, em malha aberta, aplica-se na planta do processo um degrau unitário e observa-se a curva de reação até sua estabilização. É necessário que a curva de resposta apresente formato sigmoide.

Deve se salientar que o método aplicado se trata de um método heurístico, que geralmente serve de parâmetro para aplicar os valores de sintonia inicial e que posteriormente deve ser adequado manualmente de acordo com a resposta desejada. A curva de reação do

sistema em malha aberta pode ser observada na Figura 9.

Figura 9 - Curva de reação ao degrau unitário



Fonte: (Própria)

Após levantamento da curva de reação, foi traçado uma reta tangente ao ponto de inflexão da curva, cruzando o eixo das abcissas e o ponto de estabilização, assim, foi registrado os valores de ( $L$ ) e ( $T$ ). Onde ( $L$ ) é o tempo de atraso da resposta do sistema e ( $T$ ) é a constante de tempo.

Conhecendo esses valores, foram aplicados os cálculos da Tabela 6 para identificar os valores de ganho: ( $K_p$ ), ( $K_i$ ) e ( $K_d$ ).

Tabela 6 - Método Ziegler - Nichols em malha aberta

Controlador	$K_P$	$T_I$	$T_D$
P	$\frac{1}{K} \frac{T}{L}$	$\infty$	0
PI	$0,9 \frac{1}{K} \frac{T}{L}$	$\frac{L}{0,3}$	0
PID	$1,2 \frac{1}{K} \frac{T}{L}$	$2L$	$0,5 L$

Fonte: Adaptado de (Tannuri, 2010)

Verifica-se a necessidade da implementação do PID, geralmente apenas o PI é suficiente para oferecer a resposta desejada, a Tabela 7 fornece os parâmetros calculados. Tais valores serão o ponto de partida para sintonia do controlador.

Tabela 7 - Valores dos ganhos

Controlador	$K_p$	$K_i$	$K_d$
PI	2,8	733	0
PID	3,7	440	110

Fonte: (Própria)

### 3.4.1.2 Metodologia do controle de umidade e qualidade do ar

Tais variáveis possuem uma faixa de operação que permitem um controle exclusivamente proporcional, para tal, a utilização do método de tentativa e erro deve ser o suficiente para manter as variáveis na sua faixa de operação ótima.

## 3.5 Câmara de incubação

A câmara de incubação se refere ao espaço físico onde os ovos serão incubados. Ela também comportará os sensores e os elementos atuadores. Foi utilizada a sucata de uma chocadeira para criação desse ambiente, essa sucata foi inteira reformada e adaptada conforme ilustra a Figura 10.

Figura 10 - Câmara de incubação: antes e depois



Fonte: (Própria)

A Figura 11 ilustra os itens utilizados no sistema de incubação e a Figura 12 detalha o respectivo posicionamento na câmara de incubação.

Figura 11 - Itens utilizados no sistema



Fonte: (Própria)

Figura 12 - Posicionamento dos elementos na câmara de incubação.



Fonte: (Própria)

Tabela 8 - Legenda dos elementos

Identificador	Item	Função no sistema
1	Reservatório de água	Umidificar o ambiente
2	Sensor de umidade	Medir umidade relativa
3	Ventoinha	Limitar a umidade
4	Resistência elétrica	Aquecer o ambiente
5	Sensor de temperatura	Medir temperatura
6	Ventoinha	Circulação do ar
7	Sensor qualidade do ar	Medir concentração de CO2
3	Ventoinha	Limitar concentração CO2
8	Grade de rolagem	Viragem dos ovos
9	Motor	Movimentação da grade

Controle umidade

Controle qualidade do ar

Controle temperatura

Viragem dos ovos

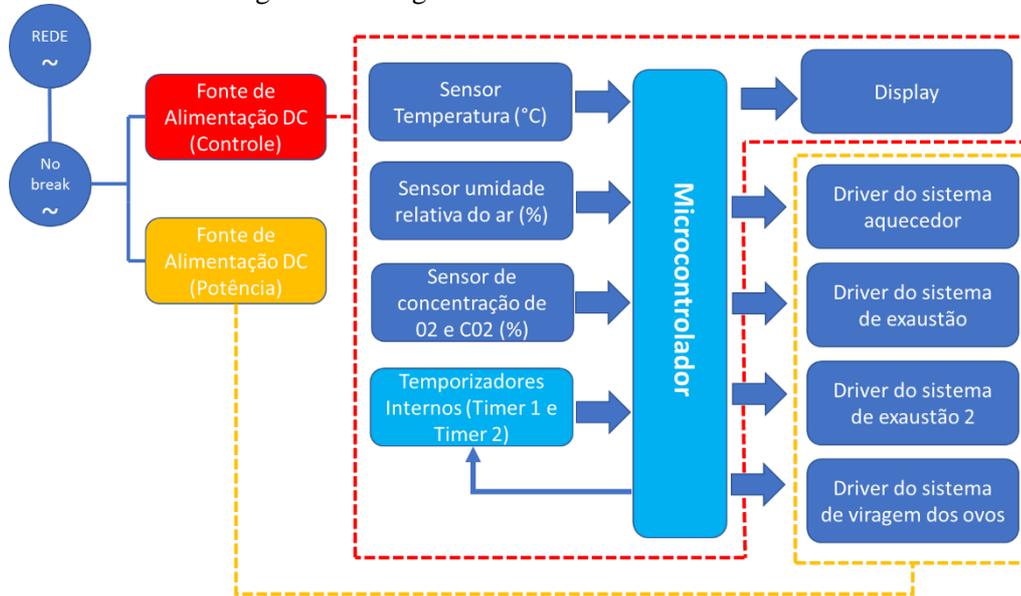
Fonte: (Própria)

O reservatório de água identificado como item 1 foi adaptado com boia de nível e mangueira para mantê-lo constantemente abastecido, evitando problemas de falta de umidade, problema recorrente por falha humana.

### 3.6 Projeto eletrônico do gerenciador do ambiente de incubação

Para gerenciar as condições ótimas para o microambiente de incubação, foi elaborado um sistema eletrônico responsável pelo gerenciamento das variáveis discutidas anteriormente. O sistema pode genericamente ser observado pelo diagrama de blocos da Figura 13.

Figura 13 - Diagrama de blocos do sistema eletrônico



Fonte: (Própria)

### 3.6.1 Circuito dos sensores

Os sensores responsáveis por monitorar as variáveis a serem controladas foram escolhidos com base nas especificações descritas nas revisões bibliográficas e respeitando as tolerâncias discutidas anteriormente, a Tabela 9 detalha.

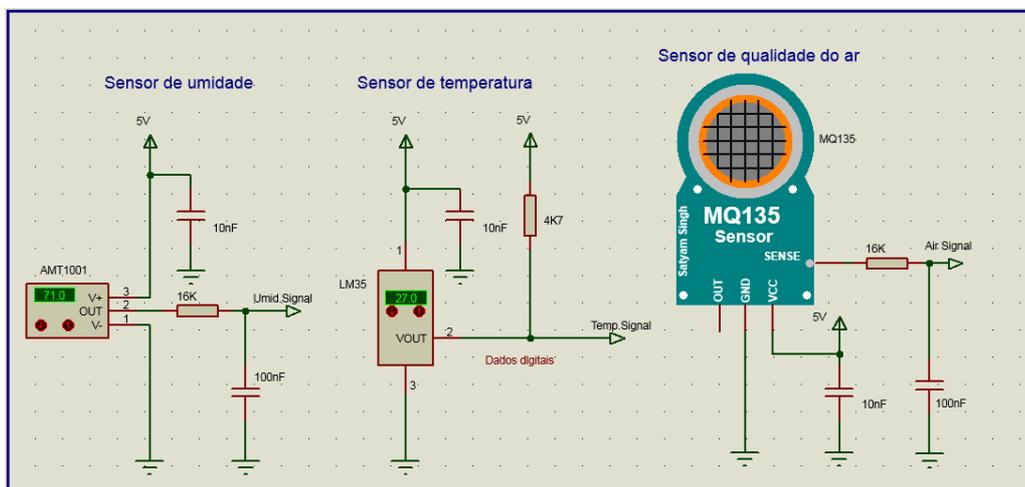
Tabela 9 - Sensores

Descrição	Dados	Modelo	Faixa de operação	Precisão
Sensor de temperatura	Digital	DS18B20	-10 a 85°C	±0,5°C
Sensor de umidade	Analogico	AM1001	20 a 90% RH	±5 % RH
Sensor de qualidade Do Ar	Analogico	MQ135	10 a 300ppm	N/A

Fonte: (Própria)

O esquema eletrônico do circuito dos sensores é representado na Figura 14.

Figura 14 - Esquema eletrônico do circuito dos sensores



Fonte: (Própria)

Para o circuito do sensor de umidade (AM1001) e sensor qualidade do ar (MQ135), foram projetados filtros passivos passa-baixa, a intenção é atenuar sinais indesejáveis de alta frequência e prover um sinal tratado para o microcontrolador. A frequência de corte foi determinada pela Equação 2.

$$f_c = \frac{1}{2\pi \cdot R \cdot C} \quad (2)$$

$$R = \frac{1}{2\pi \cdot 100 \cdot 10^{-9} \cdot 100}$$

$$R = 15915\Omega$$

Onde foi escolhida uma frequência de corte de (100Hz), um capacitor de (100nf) e o resultado obtido foi resistor de (15915Ω), o valor comercial mais próximo escolhido foi de (16KΩ).

Já o sensor de temperatura, envia os dados de medição por um barramento digital, nesse caso a recomendação do fabricante é a utilização de um resistor de “pullup” de (4K7Ω).

### 3.6.2 Circuitos de driver dos elementos atuadores

Os circuitos drivers são responsáveis pelo acionamento dos elementos atuadores, no projeto temos dois tipos circuitos drivers: os responsáveis pelo acionamento dos dispositivos DC e os responsáveis pelo acionamento de dispositivos AC.

#### 3.6.2.1 Circuito driver dos dispositivos DC

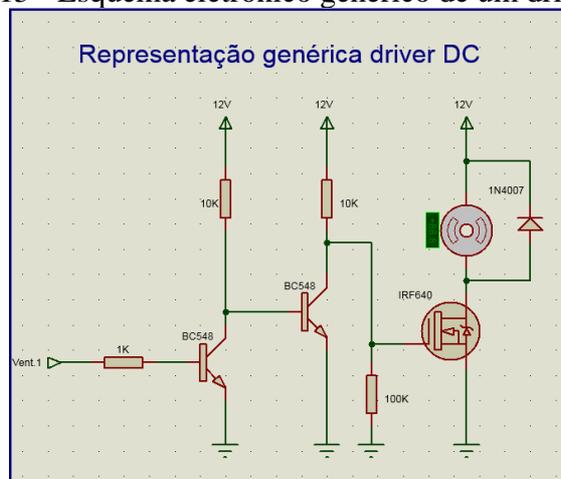
A Tabela 10 relaciona os elementos atuantes DC e seus respectivos drivers de acionamento:

Tabela 10 – Atuadores DC e seus respectivos drivers

Atuador	Modelo	Função	Espec. técnica	Driver
Ventoinha	DFS802512H	Ventilação interna	DC 12V- 2,4W	IRF640
Ventoinha	DFS802512H	Exaustão umidade e CO2	DC 12V- 2,4W	IRF640
Buzzer Ativo	N/I	Alarme sonoro	DC 12V - 30mA	BC548

O circuito da Figura 15 representa genericamente o circuito driver responsável pelo acionamento dos elementos DC, o esquema eletrônico completo do projeto pode ser observado no apêndice deste artigo.

Figura 15 - Esquema eletrônico genérico de um driver DC



Fonte: (Própria)

Foram usados dois transistores bipolares de junção BC548 em modo emissor comum operando na faixa de saturação como chave eletrônica para o acionamento do MOSFET IRF640, o datasheet especifica um  $V_{GS}=10V$  para o componente operar no regime de saturação.

### 3.6.2.2 Circuito driver dos dispositivos AC

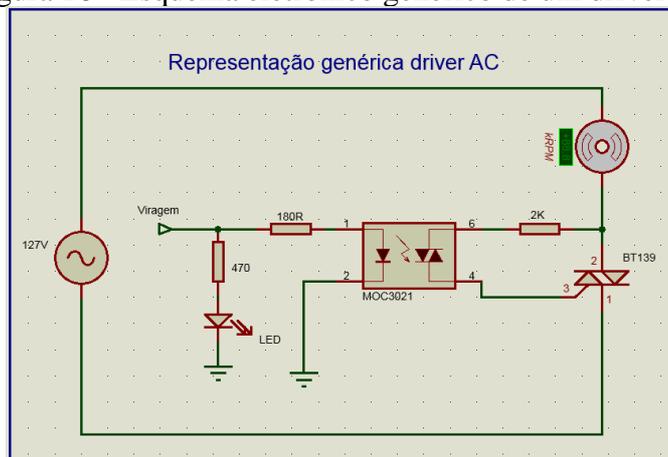
A Tabela 11 relaciona os elementos atuantes AC e seus respectivos drivers de acionamento:

Tabela 11 - Atuadores AC e seus respectivos drivers

Atuador	Modelo	Função	Espec. Técnica	Driver
Resistência	N/I	Aquecimento	AC 127V - 150W	BT139
Motor Síncrono	49TYZ-B1	Viragem dos ovos	AC 127V - 4W	BT139

Fonte: (Própria)

Figura 16 - Esquema eletrônico genérico de um driver AC



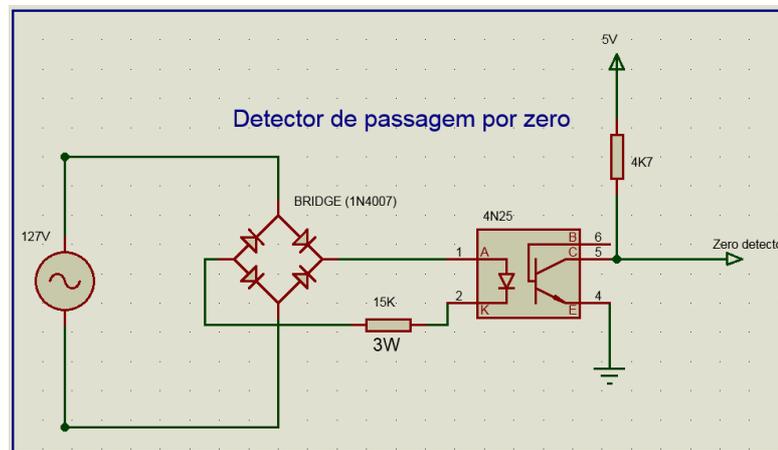
Fonte: (Própria)

O acionamento da carga pode ser regulado pelo microcontrolador, no qual envia o comando para o MOC3021 que por sua vez aciona o TRIAC BT139. O MOC3021 é um driver de TRIAC opto isolado, tal característica desacopla o circuito de controle do circuito de acionamento AC.

### 3.6.3 Detector de passagem por zero

Para criar o sincronismo no momento do acionamento da resistência aquecedora foi projetado um circuito de detector de passagem por zero. O circuito consiste em um opto acoplador 4N25 monitorando a rede de alimentação AC e informando o microcontrolador o instante da passagem da senóide por zero, a Figura 17 representa o circuito:

Figura 17 - Esquema eletrônico do circuito detector de passagem por zero

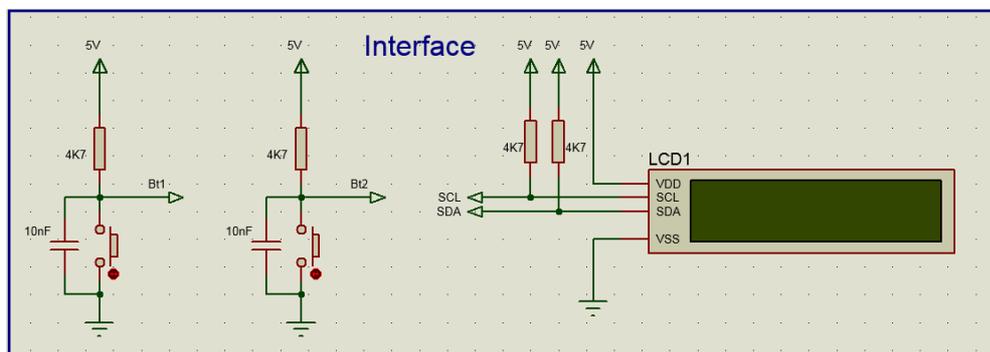


Fonte: (Própria)

### 3.6.4 Interface

A interface do controlador será composta por um Display de LCD 16x2 controlado pelo barramento I2C do microcontrolador e um conjunto de dois botões para navegação e possíveis ajustes, a Figura 18 ilustra o circuito.

Figura 18 - Esquema eletrônico da interface do sistema

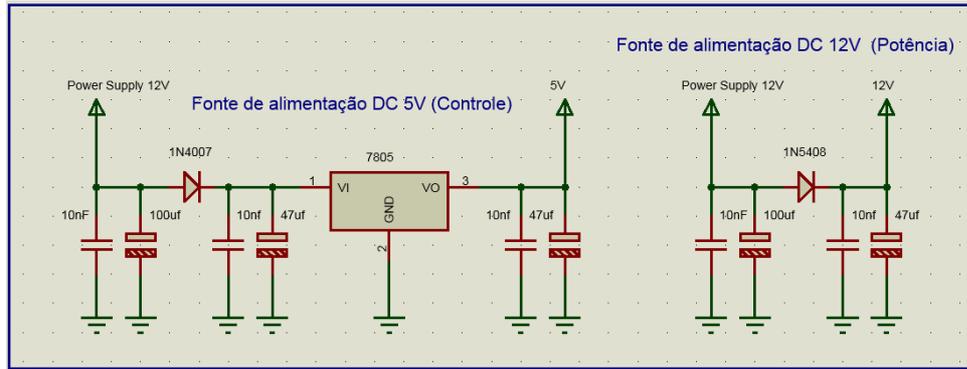


Fonte: (Própria)

### 3.6.5 Fontes de alimentação

Foram projetadas duas fontes de alimentação: uma de (5V DC 1A) para alimentar o circuito controlador e outra de (12V DC 2A) para alimentar o circuito dos drivers de saída DC, a Figura 19 ilustra o circuito.

Figura 19 - Esquema eletrônico das fontes de alimentação

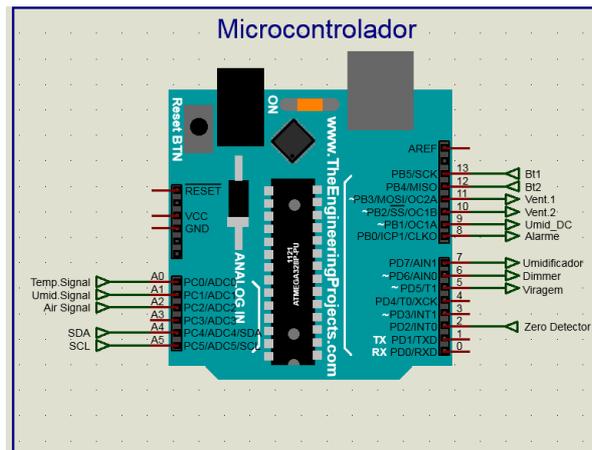


Fonte: (Própria)

### 3.6.6 Microcontrolador

O microcontrolador utilizado foi um Atmel MEGA 328 embutido em um Arduino Uno R3, que apresenta uma grande versatilidade e bom custo benefício, além de oferecer as entradas e saídas adequadas as especificações do projeto. a Figura 20 e Tabela 12 ilustram o circuito.

Figura 20 - Esquema eletrônico do circuito do microcontrolador



Fonte: (Própria)

Tabela 12 - Descrição dos sinais do microcontrolador

Sinal	Função	Entrada ou Saída
Temp.Signal	Recebe sinal sensor de temperatura	Entrada
Umid.Signal	Recebe sinal sensor de umidade	Entrada
Air.Signal	Recebe sinal sensor de gases	Entrada
SDA	Dados I2C - Display	Dados
SCL	Clock I2C - Display	CLK
Bt1	Botão 1	Entrada
Bt2	Botão 2	Entrada
Vent1	PWM ventilador 1	Saída
Vent2	PWM ventilador 2	Saída
Umid.DC	Pré disposição DC	Saída
Alarme	Sinalização alarme	Saída
Viragem	Acionamento motor AC	Saída
Dimmer	PWM controle elemento aquecedor	Saída
Umificador	Pré disposição AC	Saída
Zero detector	Detector de passagem zero	Entrada

- Entrada sensores
- Interface
- Saída driver DC

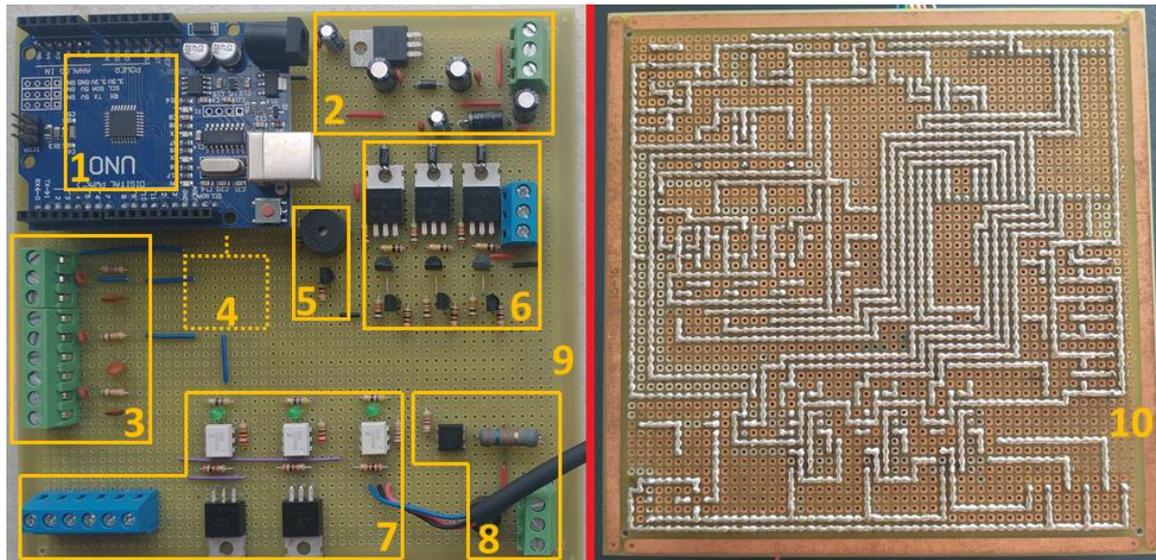
- Saída driver AC
- Detector passagem zero

Fonte: (Própria)

### 3.6.7 Montagem eletrônica

O projeto eletrônico foi montado manualmente utilizando uma placa padrão 15cm x 15cm, a Figura 21 e Tabela apresentam detalhes do protótipo.

Figura 21 - Protótipo eletrônico montado manualmente



Fonte: (Própria)

Tabela 13 - Identificação dos circuitos

Identificador	Circuito
1	Microcontrolador
2	Fontes de Alimentação (5V) e (12V)
3	Tratamento dos sensores
4	Display e botões (não visível)
5	Alarme buzzer ativo
6	Drivers elementos DC
7	Driver elementos AC
8	Entrada AC e detector de passagem zero
9	Placa top view
10	Placa bottom view

Fonte: (Própria)

### 3.7 Protótipo eletrônico e software de controle

#### 3.7.1 Rotinas de incubação e pré eclosão

Como abordado por (Oliveira & Santos, 2018), o tempo total médio de uma incubação de ovos de galinha é de 21 dias, sendo que durante 18 dias os ovos são mantidos na incubadora e os últimos 3 dias no nascedouro. Por tanto, o software irá gerenciar duas rotinas distintas de controle, onde na primeira rotina irá simular um ambiente de incubação e na segunda rotina um ambiente do nascedouro. A Tabela 13 ilustra as rotinas e suas respectivas características.

Tabela 14 - Rotinas de controle

Tempo Ambiente	Rotina 1 (Dia 1 ao 18)	Rotina 2 (Dia 19 ao 21)
Temperatura (°C)	37,8	37,5
Umidade Relativa (%)	53	65
Concentração O <sub>2</sub> (%)	23	23
Concentração CO <sub>2</sub> (ppm)	3000	5000
Viragem ovos	Cada 60 (min)	Desligada

Fonte: (Própria)

#### 3.7.2 Código Fonte

O Fluxograma na Figura 7, foi utilizado como referência da estruturação do código fonte. As principais função do código pode ser verificada nos resultados parciais deste artigo.

## 4 RESULTADOS ESPERADOS

### 4.1 Pesquisa de Campo

A pesquisa de campo compreende em identificar características de um processo de incubação que não conta com um sistema automatizado, e assim relacionar as possíveis falhas

e correções a serem aplicadas.

Foi realizada uma pesquisa com o proprietário do Sítio do Luizé, localizado na cidade de Itatiba, interior do estado de São Paulo. As perguntas foram elaboradas de acordo com os requisitos pesquisados na referencial teórico deste artigo. Os dados da pesquisa podem ser observados na Tabela#.

Tabela 15 - Dados da pesquisa de campo

<b>Perguntas</b>	<b>Resposta</b>
<i>Há controle da procedência dos ovos fertilizados?</i>	<i>Não</i>
<i>Você sabe quais as variáveis de controle são necessárias para garantir um ambiente ótimo de incubação?</i>	<i>Não Totalmente</i>
<i>Como é feito o controle de temperatura?</i>	<i>Através de um controlador eletrônico comercial</i>
<i>Como é feito o controle de umidade?</i>	<i>Bandeja de água, através de abastecimento manual</i>
<i>Como é feito o controle de qualidade do ar?</i>	<i>Não há</i>
<i>Qual a frequência de viragem dos ovos</i>	<i>A cada 2 horas</i>
<i>Quantos processos de incubação foram realizados?</i>	<i>3</i>
<i>Quantos ovos você disponibiliza para cada ciclo de incubação?</i>	<i>80</i>
<i>Qual a taxa de eclosão?</i>	<i>30%</i>
<i>Qual a taxa de crias saudáveis?</i>	<i>80%</i>
<i>Qual o custo médio de ovos para cada ciclo?</i>	<i>R\$200,00 em média</i>
<i>Alguma informação ou observação?</i>	<i>Evitar a viragem do ovos pré eclosão, para não ferir as crias</i>

Fonte: (Própria)

#### 4.2 Observações sobre o processo utilizado pela amostra da pesquisa

Como foi observado em (Cobb-Vantress Brasil, 2008), somente se conseguem ótimos nascimentos e pintinhos de boa qualidade quando se mantém os ovos em ótimas condições, desde de o momento da postura até a inserção da incubadora, o que não foi garantido pela amostra da pesquisa por não conhecer a procedência e qualidade dos ovos fertilizados. Outro ponto deficiente é em relação ao ambiente ótimo para incubação, a falta de instrução adequada induziu a amostra a se preocupar exclusivamente com temperatura ideal para chocagem, ignorando assim os outros fatores essenciais para criação do microambiente ótimo como descreve (Mora, 2008). Apesar de haver conhecimento sobre a necessidade da umidade no ambiente incubatório, a falta de um controle adequado e a dependência de interação humana para o abastecimento do reservatório de água pode induzir falhas no processo. O controle da qualidade do ar foi ignorado pela amostra, sendo esse um fator importante para a qualidade do desenvolvimento do embrião, como cita DECUYPERE ( apud (Almeida, 2008, p. 18) ), o metabolismo do embrião consome oxigênio e libera dióxido de carbono.

#### 4.3 Objetivos

O projeto proposto foi desenvolvido de modo a atender os requisitos necessários para

criação de um ambiente ótimo de incubação, atendendo os pontos negligenciados como citados na amostra pesquisada.

Com isso, o objetivo é que o projeto mantenha as variáveis de controle dentro dos valores ótimos de operação, como é definido na Tabela 12 e respeitando suas respectivas taxas de variação.

#### 4.4 Resultados parciais

Até a data de entrega deste documento não foi possível integrar o software para gerenciar simultaneamente todas as variáveis do microambiente. Assim, elas foram simuladas individualmente como mostra os resultados a seguir.

##### 4.4.1 Resultados parciais do controle PID de temperatura

O ponto mais crítico no controle desse sistema foi o controle de temperatura PID, os resultados obtidos pelo método de Ziegler – Nichols não apresentaram resultados satisfatórios na sintonia da planta, dessa maneira, a partir dos valores estabelecidos pelo método foi realizada uma sintonia arbitrária.

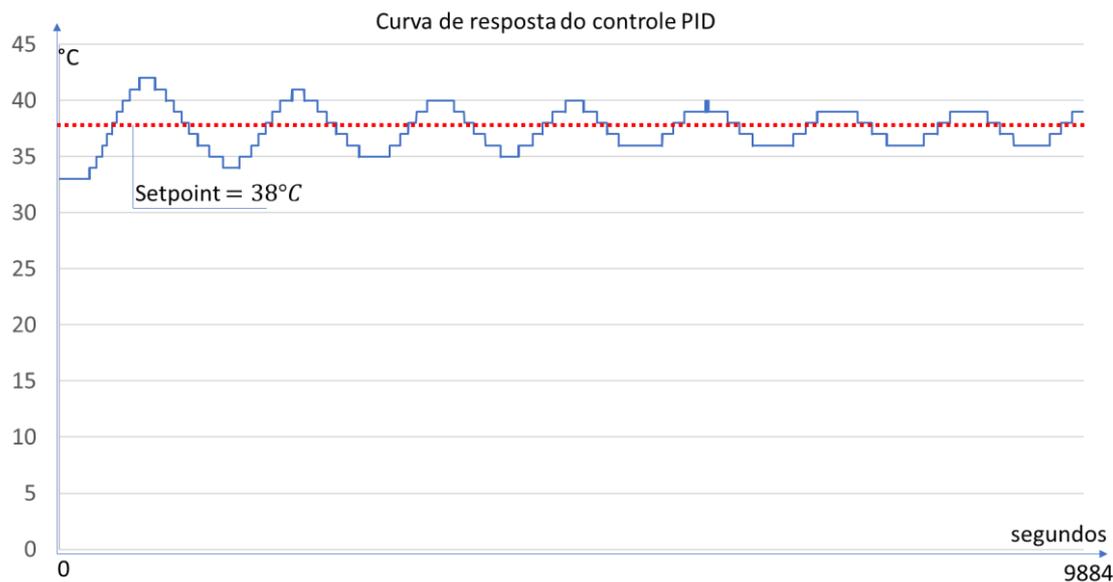
Os valores que apresentaram melhor resultado na sintonia foram:  $K_p = 1000$ ;  $K_i = 30$ ;  $K_d = 30$ . Como pode ser observado na Figura 22, a curva de resposta tende a se estabilizar, porém o tempo de estabilização se demonstrou demasiadamente longo, aproximadamente 3 horas para o valor apresentado e 5 horas para total estabilização.

Tabela 16 - Resultado parcial controle temperatura

Ambiente \ Tempo	Rotina 1 (Dia 1 ao 18)	Taxa de variação aceitável	Resultado obtido após estabilização.
Temperatura (°C)	37,8	37 a 38°C	38°C

Fonte: (Própria)

Figura 22 - Curva de resposta do controle



Fonte: (Própria)

A Figura 23 apresenta o código fonte da função principal do controle PID, representado aqui de maneira genérica para ilustrar a lógica de funcionamento.

Figura 23 - Código controle PID genericamente representado

```
double
kP = 1000, /*Valores de sintonia*/
kI = 30,
kD = 30;

{
  setPoint = 38;          /* escolha do set point*/

  error = setPoint - temperature; /* calculo do erro*/

  float deltaTime = (millis() - lastProcess) / 1000.0; /* calculo do delta tempo aplicado no calculo integral e derivativo*/
  lastProcess = millis();

  //P
  P = error * kP; /*calculo do proporcional*/

  //I
  I = I + (error * kI) * deltaTime; /*calculo do integral*/

  //D
  D = (lastSample - sample) * kD / deltaTime; /*calculo do derivativo*/
  lastSample = sample;

  // Soma tudo
  PID = P + I + D;

  // Saida do controle

  controlePwm = (PID); /*escreve o valor do PID na saida de controle*/
  if (controlePwm > 65530){ controlePwm = 65530;} /*adequa a saida da largura de pulso do TRIAC*/
  Potencia = map(controlePwm, 1, 65535, 483, 65);
  if (Potencia > 483){ Potencia = 483;}
  if (Potencia < 65){ Potencia = 65;}
  OCRA = Potencia; /*Escreve o valor da largura de pulso na saida do triac*/
}
}
```

#### 4.4.2 Resultados parciais do controle de umidade

Os resultados do controle de umidade foram satisfatórios dentro do que o projeto se propôs, apenas o controle “on e off”, foi o suficiente para manter o ambiente dentro da taxa de variação aceitável.

Tabela 17 - Resultados parciais controle umidade

Ambiente \ Tempo	Rotina 1 (Dia 1 ao 18)	Taxa de variação aceitável	Resultado obtido após estabilização.
Umidade Relativa %	53 a 65%	53 a 65%	55 a 65%

A Figura 24 apresenta o código fonte da função de controle de umidade e CO2, representado aqui de maneira genérica para ilustrar a lógica de funcionamento.

Figura 24 - Código controle umidade e CO2 genericamente representado

```
/******Umidade dados******/
uint16_t step = analogRead(Umid_signal);
double volt = (double)step * (5.0 / 1023.0);
uint16_t humidity = amt1001_gethumidity(volt);

/******GAS dados******/
valor_analog = analogRead(Air_signal); // apenas valor em milivolts, onde 1V representa aprox.300ppm e 3,5V aprox 2000ppm

/******Controle on-off umidade e ar******/

if(humidity > 70 || valor_analog > 3500)
{
  digitalWrite(Vent1,HIGH);
}
else
digitalWrite(Vent1,L
```

#### 4.4.3 Resultados parciais do controle proporcional de CO<sub>2</sub>

A ativação do sistema de exaustão para controle de CO<sub>2</sub> não chegou a ser de fato utilizada, o ambiente sem os ovos incubados não gera níveis de CO<sub>2</sub> consideráveis para a atuação do sistema. A aplicação de tal controle ainda precisa ser validada posteriormente, durante a simulação os resultados se mantiveram como esperado.

<b>Ambiente</b>	<b>Tempo</b>	<b>Rotina 1 (Dia 1 ao 18)</b>	<b>Taxa de variação aceitável</b>	<b>Resultado obtido após estabilização.</b>
<b>Concentração CO<sub>2</sub> (ppm)</b>		3000	até 3000 (ppm)	200 (ppm)

#### 4.4.4 Sistema de viragem de ovos

O sistema de viragem foi testado por acionamento manual através do hardware de controle, o software de ativação não foi integrado nos testes.

## 5 CONCLUSÃO

### 5.1 Considerações ajuste PID

O sistema atendeu parcialmente os resultados esperados, o método de controle PID por Ziegler e Nichols, apresentou resultados muito divergentes do utilizado para estabilização do sistema, como aponta a Tabela 18.

Tabela 18 - Comparativo Ziegler-Nichols x Arbitrário

<b>Método</b>	<b>K<sub>p</sub></b>	<b>K<sub>i</sub></b>	<b>K<sub>d</sub></b>
Ziegler - Nichols	3,7	440	110
Arbitrário	1000	30	30

Tal situação pode ser efeito da consequência do levantamento da curva de reação, quando ainda não estavam alocados alguns elementos importantes na câmara de incubação, como por exemplo o reservatório de água abastecido. Apesar dos parâmetros divergentes, através do conhecimento teórico da aplicação do controle PID o método empírico se mostrou satisfatório, porém a demora da estabilização se mostrou demasiada e até a data de entrega deste artigo não foi possível efetuar ajustes na sintonia.

### 5.2 Considerações controle umidade e concentração CO<sub>2</sub>

O controle de umidade se mostrou satisfatório dentro do que foi proposto, como esse parâmetro é menos crítico que o de temperatura, variações dentro de um determinado range são aceitáveis, já o controle de concentração de CO<sub>2</sub> não foi possível efetivamente ser avaliado, já que durante os testes a concentração de dióxido de carbono não excedeu os limites definidos via software para sua ativação.

### 5.3 Considerações finais e custo aproximado

O artigo teve sucesso em condensar as informações fundamentais que garantissem uma incubação de qualidade segundo as fontes bibliográficas aqui apresentadas. No quesito

apresentação do protótipo o objetivo foi parcialmente obtido, já que as funções não foram integradas simultaneamente, o que possibilitou apenas um teste parcial, validando o hardware e as funções de controle separadamente. Por isso, os tópicos abaixo podem ser sugestões para continuidade de estudo:

- Implementação do software de acionamento do motor (Hardware devidamente testado e funcionando).
- Verificação do controle de concentração de CO<sub>2</sub>. (Hardware devidamente testado e funcionando).
- Temporização e divisão de duas rotinas específicas: período de incubação e período pré eclosão, vide Figura 7.
- Ajustes nos parâmetros PID para diminuir o tempo de estabilização da temperatura para < 3 horas.
- Teste prático e levantamento dos dados da taxa de eclosão obtida.

A custo total de materiais utilizados no protótipo foi de aproximadamente R\$ 350,00 onde:

- Componentes eletrônicos: R\$ 200,00
- Adequações estruturais mecânicas: R\$ 150,00

## 5 Cronograma

<b>Atividade</b>	<b>Início</b>	<b>Duração</b>	<b>Término</b>
Conclusão do artigo (Resultados)	06/07/2021	15	20/07/2021
Readequação textual	20/08/2021	65	14/10/2021
Levantamento de sensores e atuadores	10/08/2021	20	30/08/2021
Desenvolvimento do Hardware	10/08/2021	30	10/09/2021
Desenvolvimento Mecânico e Montagem	10/09/2021	30	10/10/2021
Testes e Resultados Obtidos	10/10/2021	21	31/10/2021
Preparação de apresentação e revisão textual	31/10/2021	14	11/11/2021
Apresentação final	02/12/2021	N/A	02/12/2021

## Referências

- Lourens, A., van den Brand, H., Meijerhof, R., & Kemp, B. (2005). Effect of Eggshell Temperature During Incubation on Embryo Development, Hatchability, and Posthatch Development. *Poultry Science* v. 84, 914–920.
- Almeida, P. M. (01 de 02 de 2008). INCUBAÇÃO ARTIFICIAL. *UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS - CAMPUS JATOBÁ - TCCG - GRADUAÇÃO EM MEDICINA VETERINÁRIA*. Jataí, Goiás, Brasil: UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS.
- Aström, K. J., & Hägglund, T. (1995). *PID Controllers: Theory, Design and Tuning*. Research Triangle Park, NC: Instrument Society of America.
- BARACHO, M. S., NÄÄS, I. D., & GIGLI, A. C. (2010). IMPACTO DAS VARIÁVEIS AMBIENTAIS EM INCUBATÓRIO DE ESTÁGIO MÚLTIPLO DE FRANGOS DE CORTE. *Eng. Agríc., Jaboticabal*, v.30, n.4, 563-577.
- BARROT, H. G. (1937). EFFECT OF TEMPERATURE, HUMIDITY, AND OTHER FACTORS ON HATCH OF HENS' EGGS AND ON ENERGY METABOLISM OF CHICK EMBRYOS. *UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE WASHINGTON, D. C.*, 46.
- Boleli, I. C., Morita, V. S., Matos Jr, J. B., Thimotheo, M., & Almeida, V. R. (2016). Poultry Egg Incubation: Integrating and Optimizing Production Efficiency. *Brazilian Journal of Poultry Science*, 001 - 016.
- Cobb-Vantress Brasil, L. (2008). <http://www.cobb-vantress.com/>. Fonte: <http://www.cobb-vantress.com/>:  
[https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/frango\\_de\\_corte/catalogo/REC000fzmqt1dz02wx5ok0cpoo6a2817fbh.html](https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/frango_de_corte/catalogo/REC000fzmqt1dz02wx5ok0cpoo6a2817fbh.html)
- Desiguspro, Garden. (s.d.). *Garden*. Fonte: [garden.desiguspro.com](https://garden-pt.desiguspro.com/kury/soderzhanie/ovoskopirovanie-kurinyh-yaits.html): <https://garden-pt.desiguspro.com/kury/soderzhanie/ovoskopirovanie-kurinyh-yaits.html>
- EMBRAPA. (3 de Maio de 2019). *EMBRAPA*. Fonte: Site da Empraba seção suínos e aves: <https://www.embrapa.br/suinos-e-aves/cias/estatisticas/frangos/mundo>
- França, F. F. (Novembro de 2018). Controlador PID para controle de temperatura de uma carga resistiva AC. *Controlador PID para controle de temperatura de uma carga resistiva AC*. Guaratinguetá, São Paulo, Brasil: Universidade Estadual Paulista - Júlio De Mesquita Filho.
- Indústria, Fornari. (31 de Junho de 2016). *Fornari Indústria*. Fonte: Site da Fornari Industria: <http://www.fornariindustria.com.br/classificacao-de-ovos/ovoscopio-como-usar-e-qual-os-beneficios/>
- LAUVERS, G., & FERREIRA, V. P. (2011). FATORES QUE AFETAM A QUALIDADE DOS PINTOS DE UM DIA, DESDE A INCUBAÇÃO ATÉ RECEBIMENTO NA GRANJA. *REVISTA CIENTÍFICA ELETRÔNICA DE MEDICINA VETERINÁRIA – ISSN: 1679-7353*, 15-16.
- MAULDIN, J. M. (1 de Janeiro de 2003). *The Poultry Site*. Fonte: The Poultry Site: <https://www.thepoultrysite.com/articles/air-requirements-during-incubation>
- Michelin Groff, P., Endo Takahashi, S., Bortolanza Padilha, J., Bochio, V., Marcondes Schadeck, M., Sartori Maier, G., . . . Maeda Emilyn, M. (2017). Importância da temperatura e umidade e os efeitos da luminosidade durante a incubação de ovos férteis de galinhas. *Revista Eletrônica de Veterinária*, 11.
- Mora, L. A. (2008). PROCESSO DE INCUBAÇÃO ARTIFICIAL DE OVOS: DESENVOLVIMENTO DE SISTEMAS DE MEDIÇÃO DE TEMPERATURA E

- MASSA. *PROCESSO DE INCUBAÇÃO ARTIFICIAL DE OVOS: DESENVOLVIMENTO DE SISTEMAS DE MEDIÇÃO DE TEMPERATURA E MASSA*. Campinas, São Paulo: Unicamp.
- Oliveira, G. d., & Santos, V. M. (2018). Manejo de ovos férteis: revisão de literatura. *Nutritime*, 15.
- PIAIA, J. C. (2005). *APLICAÇÃO DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NO MONITORAMENTO DO PROCESSO DE INCUBAÇÃO*. *Dissertação de Mestrado em Engenharia Química*. Florianópolis, Santa Catarina, Brasil: Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC).
- Pinto, J. E. (16 de Maio de 2014). *Aplicação Prática do Método de Sintonia de Controladores PID Utilizando o Método do Relé com Histerese*. *Aplicação Prática do Método de Sintonia de Controladores PID Utilizando o Método do Relé com Histerese*. Natal, Rio Grande do Norte, Brasil: Universidade Federal do Rio Grande do Norte - Centro de Tecnologia.
- Rosa, P. S., & Avila, V. S. (Maio de 2000). *COMUNICADO TÉCNICO: VARIÁVEIS RELACIONADAS AO RENDIMENTO DA INCUBAÇÃO DE OVOS EM MATRIZES DE FRANGOS DE CORTE. VARIÁVEIS RELACIONADAS AO RENDIMENTO DA INCUBAÇÃO DE OVOS EM MATRIZES DE FRANGOS DE CORTE*. Concórdia, Santa Catarina, Brasil: Embrapa Suínos e Aves.
- Schmidt, N. S., & Silva, L. C. (2018). Pesquisa e Desenvolvimento na Cadeia Produtiva de Frangos de Corte no Brasil. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, 16.
- Schultz, G., & Reck, Â. B. (2016). Aplicação da Metodologia Multicritério de Apoio à Decisão no Relacionamento Interorganizacional na Cadeia da Avicultura de Corte. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, 20.
- Sorj, P. e. (2008). *Camponeses e agroindústria: transformação social e representação política na avicultura brasileira [online]*. Fonte: Scielo Books: <http://books.scielo.org>
- Tannuri, P. A. (25 de Novembro de 2010). *Apostila sobre PID e Métodos de Sintonia*. Fonte: <https://edisciplinas.usp.br/>:  
[https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/5123982/mod\\_resource/content/1/Apostila%20sobre%20PID%20e%20M%C3%A9todos%20de%20Sintonia.pdf](https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/5123982/mod_resource/content/1/Apostila%20sobre%20PID%20e%20M%C3%A9todos%20de%20Sintonia.pdf)