



INSTITUTO DE PESQUISAS ENERGÉTICAS E NUCLEARES

Mestrado Profissional em Tecnologia das Radiações em Ciências da Saúde

**Desenvolvimento e implementação de um sistema piloto otimizado para a
gestão de biotérios de roedores**

ALEX ALVES RODRIGUES

**Dissertação apresentada como parte dos
requisitos para obtenção do Grau de Mestre
Profissional em Tecnologia das Radiações
em Ciências da Saúde na Área de
Concentração.**

Orientador: Dr. Daniel Perez Vieira

Co-orientador: Dr. Marlos Cortez Sampaio

**Área de concentração: Processos de
Radiação na Saúde**

São Paulo

2023

INSTITUTO DE PESQUISAS ENERGÉTICAS E NUCLEARES
Autarquia Associada à Universidade de São Paulo

**Desenvolvimento e implementação de um sistema piloto otimizado para a
gestão de biotérios de roedores**

ALEX ALVES RODRIGUES

**Dissertação apresentada como parte dos
requisitos para obtenção do Grau de Mestre
Profissional em Tecnologia das Radiações em
Ciências da Saúde na Área de Concentração.**

Orientador: Dr. Daniel Perez Vieira

Co-orientador: Dr. Marlos Cortez Sampaio

**Área de concentração: Processos de
Radiação na Saúde**

São Paulo
2023
DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a minha família que foi alicerce para o meu desenvolvimento e que esteve presente em todas as fases da minha formação como pessoa e como profissional. Para minha mãe Iramilda de Fátima Alves, que é um pilar fundamental para tudo que faço na vida e que me mostrou a cada dia qual o melhor caminho a seguir. Aos meus amigos que compreenderam a minha ausência e a importância desse projeto para minha vida e que me escutam e estão sempre disponíveis para me ajudar. Para a minha grande amiga Renata (*in memoriam*) que foi extremamente importante na minha vida e ao longo da minha carreira. Minha eterna gratidão por serem tão presentes na minha vida em todos os momentos.

AGRADECIMENTOS

À Deus, pela sua presença em minha vida, por todas as oportunidades e graças atendidas durante esta jornada, por conceder o privilégio de comemorar esse momento com pessoas maravilhosas e pelas coisas que ainda estão por vir.

À minha mãe, Fátima, que sempre está presente nas minhas realizações, sempre me proporcionou educação e me ensinou o caminho do bem.

Aos meus irmãos, minhas cunhadas e meus sobrinhos que, mesmo longe, torcem e colaboram com as minhas realizações pessoais.

À minha amiga Renata, que mesmo não estando mais presente continua viva em meus pensamentos.

Aos meus amigos que compreendem a minha ausência/presença para fazer as disciplinas, trabalhos e realizar esse projeto.

Ao meu orientador Dr. Daniel Perez Vieira, que aceitou me orientar e que sempre se faz presente na colaboração do presente projeto.

Ao meu co-orientador Dr. Marlos Cortez Sampaio que foi extremamente essencial para que esse projeto fosse para frente.

Ao meu grande amigo Silvio que me incentivou e que sempre esteve próximo nos planos e nas ideias de projetos.

Aos funcionários do biotério Nanci do Nascimento, Eliana, Ismária, Neide, André, Calixto, Cecília, Eliana Lima, Rose, Sandy, Barbará e Victor pela ajuda quando necessário na execução do projeto.

Aos amigos que o mestrado me deu, **Gih**, Mayelle, Leonardo, João, Camila, Noemy, Suh, Esther que mesmo de longe nos apoiamos e nos amparamos.

Aos professores e youtubers de Power Platform Rudimar e Leonardo Russo que sempre estiverem dispostos a me responder e me ajudar com o desenvolvimento dos meus projetos.

À Giuliana Petri, da Faculdade de Medicina do ABC que abriu suas instalações para colaborar com o desenvolvimento do projeto.

À equipe da Santa Casa e da Unifesp pela parceria desenvolvida e por estarem abertos a colaborar com o desenvolvimento do projeto.

Ao grupo de inovação da Fiocruz por acreditar no projeto e colaborar com novas ideias e novas parcerias.

“Não é na ciência que está à felicidade, mas na aquisição da ciência”

RESUMO

A utilização de animais em procedimentos biomédicos é uma prática amplamente difundida, envolvendo mais de 115 milhões de animais anualmente. Estes animais, obrigatoriamente, devem viver dentro de instalações adequadas denominados de biotérios, que, por sua vez, deve oferecer bem-estar aos animais seguindo, o conceito dos 3R's. Além disto, os biotérios devem seguir normas e leis que visam a saúde, o bem-estar, a segurança e o correto funcionamento dos mesmos, contudo, cada biotério tem suas especificidades e particularidades. Devido a alta demanda de trabalho e normas a serem seguidas, a gestão de um biotério deve ser otimizada e contar com auxílio de ferramentas tecnológicas, contudo, no Brasil este tipo de gestão ainda não existe. O atual modelo de gerenciamento no Brasil, que muitas vezes depende de métodos rudimentares, impacta negativamente a eficiência na administração de recursos humanos, de materiais e, inclusive, dos animais. Deste modo, o objetivo do presente projeto foi criar um sistema piloto automatizado, customizável e inovador para otimizar a gestão de biotérios e atender às principais demandas. Para a criação da primeira versão do programa, foram utilizadas as ferramentas da Microsoft Power Apps, Sharepoint e Power Automate respectivamente. Os resultados demonstram que foi possível criar um programa simples e acessível, que atende às principais demandas do biotério Nanci do Nascimento, no IPEN. Este programa foi testado diversas vezes e com diferentes colaboradores e funcionou perfeitamente, conforme o esperado. Com base nestes resultados, concluímos que conseguimos criar um programa de computador que funciona como uma ferramenta tecnológica e inovadora para otimizar a gestão de biotérios de modo customizável, assim, atendendo às particularidades de cada instituição.

Palavras-chave: Biotério, Software, Roedores, Tecnologia e 3R's.

ABSTRACT

"The use of animals in biomedical procedures is a widely practiced phenomenon, involving over 115 million animals annually. These animals are required to live in appropriate facilities known as animal facilities, which, in turn, must provide well-being to the animals following the concept of the 3Rs. Additionally, animal facilities must adhere to regulations and laws aimed at health, well-being, safety, and proper functioning. However, each animal facility has its specificities and peculiarities. Due to the high workload and regulations to be followed, the management of an animal facility must be optimized and supported by technological tools. However, in Brazil, this type of management does not yet exist. The current management model in Brazil, often relying on rudimentary methods, negatively impacts the efficiency in the administration of human resources, materials, and even the animals. Thus, the objective of this project was to create an automated, customizable, and innovative pilot system to optimize animal facility management and address its main demands. For the creation of the first version of the program, Microsoft Power Apps, SharePoint, and Power Automate tools were respectively used. The results demonstrate that it was possible to create a simple and accessible program that meets the main demands of the Nanci do Nascimento animal facility at IPEN. This program has been tested multiple times with different collaborators and has worked perfectly as expected. Based on these results, we conclude that we have successfully created a computer program that serves as a technological and innovative tool to optimize animal facility management in a customizable manner, thus meeting the specific needs of each institution."

Keywords: Animal Facility, Software, Rodents, Technology, and 3R's.

LISTA DE SIGLAS

CEUAS – Comissão de Ética no Uso de Animais

CONCEA - Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal

CAL – Ciência de Animais de Laboratório

3R's – Refinar, Substituir e Redução

RN – Resolução Normativa

BPL – Boas Práticas de Laboratório

TI – Tecnologia da Informação

LCP – Plataforma Low-code

LCAP - Enterprise Low-Code Application Platforms

LCDP - Low-code development platform

CRM - Customer Relationship Management

SAP - Systeme, Anwendungen und Produkte in der Datenverarbeitung

CGEE – Centro de Gestão e Estudos Estratégicos

PDCA – PLAN–DO–CHECK–ACT

RT – Responsável Técnico

CRMV – Conselho Regional de Medicina Veterinária

OMS – Organização Mundial da Saúde

AALAS – American Association for Laboratory Animal Science

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1 - A observação humana e o registro de conhecimentos na interação de animais que compartilham os mesmos ambientes dos humanos..... | 4 |
| Figura 2 - O “Pato de Vaucanson” serviu para ilustrar a visão de Descartes (no estudo do pesquisador em De Homine ,1662) ao exemplificar a diferença entre seres humanos e máquinas. | 6 |
| Figura 3 - O livro “The Principles of Humane Experimental Technique“(Esquerda) e William Russell & Rex Burch (Direita) | 14 |
| Figura 4 - Representação esquemática exemplificando os princípios dos 3R's: Substituição, Redução e Refinamento. | 15 |
| Figura 5 - Vista aérea do biotério Nanci do Nascimento no Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares - IPEN/USP | 19 |
| Figura 6 - Sala de animais, corredor limpo, corredor sujo e trânsito de materiais. | 20 |
| Figura 7 - Modelo de rack e mini isolador para animais de laboratório | 24 |
| Figura 8A e 8B - Distribuição geográfica das instituições que possuem biotérios cadastrados junto ao CONCEA..... | 32 |
| Figura 9A e 9B - Biotérios no Brasil e no mundo que mantem uma estrutura de empresa e comercialização de serviços para outras instituições. | 33 |
| Figura 10 - Ciclo PDCA (PLAN, DO, ACT e CHECK) | 35 |

| | |
|---|----|
| Figura 11 - Evolução dos algoritmos: Linguagem de Máquina ao Low Code e No Code | 41 |
| Figura 12 - Ferramentas que compõe a Power Platform | 43 |
| Figura 13 - Fluxograma de metodologia de desenvolvimento do sistema | 46 |
| Figura 14 - Fluxograma de funcionamento da lógica de estoque mínimo do Power Automate | 56 |
| Figura 15 - Fluxograma de manutenção preventiva de equipamentos | 57 |
| Figura 16 - Fluxograma de data de desmame dos animais | 57 |
| Figura 17 - Representação da tela de login de usuário | 58 |
| Figura 18 - Planilha do excel de cadastros de produtos do biotério Nanci do Nascimento..... | 59 |
| Figura 19 - Representação da tela de produtos do aplicativo | 60 |
| Figura 20 - Representação das funcionalidades das telas de movimentação de entrada e saída..... | 61 |
| Figura 21 - Representação das funcionalidades das telas de movimentação de entrada e saída..... | 62 |
| Figura 22 - Representação da tela de variáveis ambientais. | 63 |
| Figura 23 - Representação da tela de equipamentos | 64 |
| Figura 24 - Exemplo de um cartão de identificação de produtos | 64 |
| Figura 25 - Exemplo de script que conecta um botão de ação com o banco de dados do Sharepoint..... | 65 |
| Figura 26 - Código de tela de login desenvolvida no Power Apps | 66 |

Figura 27 - Telas do Power Apps na Apple Store68

FOLHA DE APROVAÇÃO

Autor: Alex Alves Rodrigues

Título: Desenvolvimento e implementação de um sistema piloto otimizado para a gestão de biotérios de roedores.

Orientador: Dr. Daniel Perez Vieira

Co-Orientador: Dr. Marlos Cortez Viana

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Tecnologia
das Radiações em Ciências da Saúde

Banca Examinadora

Prof. Dr.: _____

Instituição: _____ Julgamento: _____

Prof. Dr.: _____

Instituição: _____ Julgamento: _____

Prof. Dr.: _____

Instituição: _____ Julgamento: _____

A Comissão Julgadora dos trabalhos de Defesa da Dissertação de mestrado, em sessão pública realizada _____ / _____ / _____, considerou

() Aprovado(a) () Reprovado(a)

SUMÁRIO

| | |
|---|-----------|
| 1 INTRODUÇÃO..... | 1 |
| 1.1 Objetivo geral | 2 |
| 1.2 Objetivos específicos..... | 2 |
| 2 REVISÃO DE LITERATURA..... | 3 |
| 2.1 Breve histórico e evolução da Ciência de Animais de Laboratório (CAL)..... | 3 |
| 2.2 Ética na experimentação | 10 |
| 2.3 Resoluções Normativas no Brasil | 15 |
| 2.4 Biotérios | 18 |
| 2.4.1 Macroambiente | 21 |
| 2.4.1.1 Ruídos..... | 21 |
| 2.4.1.2 Vibrações..... | 21 |
| 2.4.1.3 Iluminação | 22 |
| 2.4.1.4 Temperatura | 22 |
| 2.4.1.5 Umidade..... | 23 |
| 2.4.2 Microambiente | 23 |
| 2.4.2.1 Forração de gaiola..... | 24 |
| 2.4.2.2 Ração | 25 |
| 2.4.2.3 Água | 25 |
| 2.4.3 Biossegurança em biotérios | 25 |
| 2.4.4 Barreiras sanitárias em biotérios | 26 |
| 2.4.5 Classificação de biotérios | 26 |
| 2.4.5.1 Classificação de acordo com a finalidade do biotério..... | 26 |
| 2.4.5.2 Classificação de acordo com o padrão sanitário do biotério | 27 |
| 2.4.5.3 Classificação de acordo com padrão genético | 28 |
| 2.5 Biotérios no Brasil..... | 29 |
| 2.6 Gestão de biotérios | 33 |
| 2.6.1 Recursos Humanos..... | 35 |
| 2.6.2 Equipe | 36 |

| | |
|---|-----------|
| 2.6.3 Médico(a) Veterinário(a) | 37 |
| 2.6.4 Treinamento e Capacitação | 38 |
| 2.7 Softwares de gestão..... | 38 |
| 2.8 Linguagem low-code | 40 |
| 2.9 Aplicações e serviços Office | 42 |
| 2.9.1 Power Plataform | 42 |
| 2.9.2 Power Apps | 43 |
| 2.9.3 Sharepoint | 43 |
| 2.9.4 Power Automate | 44 |
| 2.9.5 Microsoft Power BI | 44 |
| 3 MATERIAIS E MÉTODOS | 45 |
| 3.1 Levantamento de software e aplicativos de gestão..... | 46 |
| 3.2 Power Plataform | 48 |
| 3.2.1 Power Apps | 48 |
| 3.2.2 Sharepoint | 49 |
| 3.2.3 Power Automate | 49 |
| 4 RESULTADOS | 50 |
| 4.1 Levantamento de aplicativos e sistemas de gestão de biotérios | 50 |
| 4.2 Criação do banco de dados no Sharepoint..... | 54 |
| 4.3 Criação dos fluxos no Power Automate | 55 |
| 4.4 Desenvolvimento das interfaces do sistema..... | 58 |
| 4.5 Conexão do Power Apps com outras ferramentas | 65 |
| 4.6 Programação das ferramentas..... | 66 |
| 4.7 Compilação do aplicativo..... | 66 |
| 4.8 Teste de implementação..... | 67 |
| 4.9 Instalação da plataforma | 67 |
| 4.10 Análise e documentação dos resultados | 68 |
| 5 CONCLUSÕES | 69 |
| 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 71 |

1 INTRODUÇÃO

De acordo com Taylor; Alvarez, (2019) estima-se que todos os anos, mais de 115 milhões de animais são utilizados no mundo em procedimentos biomédico. Embora essa prática seja controversa, muitas pesquisas e descobertas científicas foram realizadas em animais de laboratório, resultando em avanços significativos no diagnóstico e tratamento de diversas doenças tanto em humanos quanto em animais. Em seu trabalho Graham; Prescott, (2015), demonstra que a utilização de animais de laboratório é necessária para compreender os processos fisiopatológicos e desenvolver novas terapias, dispositivos e procedimentos médicos.

Sabendo-se da complexidade da ciência de animais de laboratório, as questões éticas em relação à experimentação animal são atualmente tema de muita atenção. Os motivos para isto são inegáveis e, nos últimos anos, tem havido uma série de novas demandas e normativas legais que criaram discussões sobre a ética na experimentação com animais de laboratório(GROSS; TOLBA, 2015).

Em 1959, Willian Russel e Rex Burch sintetizaram e nortearam a ética na experimentação em três palavras, conhecidas como 3R's ("replacement, reduction e refinement"; substituição, redução e refinamento) este conceito se tornou um importante ponto tanto para o bem-estar animal quanto para toda a comunidade científica mundial que passou a desenvolver os projetos científicos como mais critério e utilizando os 3R's para norteá-los (RUSSELL; BURCH, 1959).

No Brasil, em 1995 iniciou a tramitação no Congresso Nacional a criação da Lei nº 11.974, conhecida popularmente como Lei Arouca que preconizou procedimentos éticos para o uso de animais em experimentação biomédica, revogando assim a Lei nº 6.638 que estabelece normas para a prática didática científica da vivisseccção de animais. A Lei Arouca foi aprovada em 2008 (CERVI; CERVI, 2019). Segundo Guimarães et al (2016), com a publicação da Lei Arouca, as instituições de ensino e pesquisa tiveram que criar as Comissões de Ética em

Uso de Animais, (CEUAS), assim como também foi criado o Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal (CONCEA), que passou a ser o principal responsável por todas as discussões sobre a ciência de animais de laboratório (CAL). O CONCEA tem como objetivos estabelecer procedimentos para instalação e funcionamento de centros de criação, de biotérios e de laboratórios de experimental, além de, formular normas relativas à utilização humanitária de animais com finalidade de ensino e pesquisa científica (SBCAL,2023).

Um dos principais empecilhos que é encontrado em biotérios é o modelo de gerenciamento adotado que, muitas vezes, é tradicional e ultrapassado, tanto no controle dos ambientes, quanto na mão-de-obra, e na parte administrativa que conta com a utilização de planilhas ou métodos ainda mais rudimentares para fazer o gerenciamento e armazenamento de dados do biotério (DE JESUS, 2017).

A necessidade de atender às diversas demandas, regulamentações e cuidados específicos em biotérios requer a implementação de abordagens inovadoras para gerenciar de maneira eficiente os recursos humanos e materiais. Nesse contexto, o objetivo deste projeto é criar um sistema piloto automatizado e otimizado para a administração de biotérios, com foco no bem-estar dos animais.

1.1 Objetivo geral

Com base nesta demanda de otimizar e modernizar o sistema de gestão do biotério, o objetivo geral desse projeto é desenvolver um sistema piloto automatizado baseado na linguagem “low-code” que seja de fácil utilização visando à aprimorar os processos de manutenção e logística da colônia de produção de animais e atender as demandas de gestão do biotério do Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN) assim como outros biotérios se apresentando como uma ferramenta customizável para atender diferentes demandas.

1.2 Objetivos específicos

- Melhorar a comunicação entre a equipe do biotério com alunos e pesquisadores através de requisições no sistema;
- Aperfeiçoar o controle de estoque e insumos do biotério facilitando a tomada de decisão e não gerando gastos e perdas desnecessárias;

- Otimizar a rotina da colônia de produção através da leitura de cartões de gaiola pelo aplicativo desenvolvido para a obtenção e atualização dos dados para o banco de dados e para o sistema de gráficos facilitando a tomada de decisões e avaliações gerenciais.
- Automatizar o processo de solicitação de orçamento de fornecedores através do aplicativo.

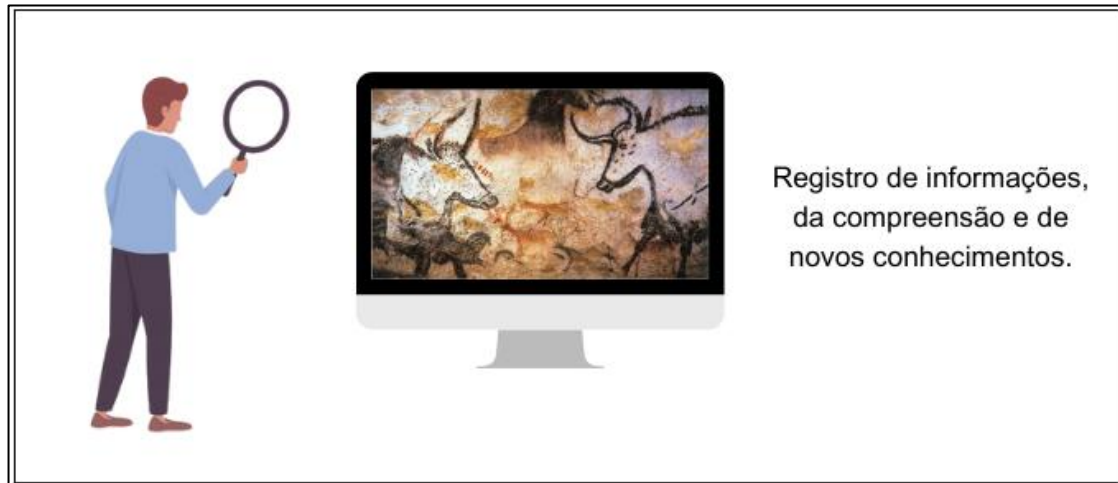
2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Breve histórico e evolução da Ciência de Animais de Laboratório (CAL)

Desde os primórdios da humanidade, os seres humanos e os animais convivem e compartilham os mesmos ambientes. A utilização de animais para diversas finalidades como alimentação, caça e transporte por exemplo é praticada há milhares de anos (DOKE; DHAWALE, 2015).

Com o decorrer do tempo, a humanidade adquiriu conhecimentos cruciais fundamentais para sua sobrevivência e domínio sobre os animais. Essa sabedoria se manifestou através do desenvolvimento de ferramentas e técnicas de observação que foram refinadas ao longo dos séculos. Um exemplo notável desse acúmulo de conhecimento pode ser observado na Caverna de Lascaux, localizada na França (Figura 1), onde mais de 600 representações de animais demonstram a notável habilidade de observação dos humanos daquela época. Mesmo durante a caça, os seres humanos estudavam detalhadamente as características anatômicas dos animais, como musculatura, ossos e órgãos, estabelecendo assim os alicerces para futuros estudos de anatomia comparada (KINTER et al., 2021).

Figura 1 - A observação humana e o registro de conhecimentos na interação de animais que compartilham os mesmos ambientes dos humanos.



Fonte: Adaptado de Kinter et al., (2021)

Os registros de observações anatômicas mais antigos datam de cerca de 500 a.C, Alcmaeon, um nativo da colônia grega de Croton, dissecou animais em seus estudos e desde então esta prática tem sido usada como ferramenta didática e científica. Outros anatomistas como Herophilus realizaram vivisseções para estudar as estruturas anatômicas e compará-las entre animais e humanos (LIRA, 2022).

Os médicos gregos Aristóteles (384 a 322 a.C). e Erasístrato (304 a 258 a.C) introduziram uma nova função para os animais ao incluí-los em seus experimentos. A experimentação com os animais vivos iniciada por eles ajudou a compreender a biologia humana e animal e abriu caminho para melhorar a qualidade de vida e a saúde dos seres humanos e dos animais (BAHADORAN et al., 2020).

Anos depois, Geleno de Pérgamo realizou seus experimentos com os animais vivos ganhando postumamente o título de “Pai da Vivisseção”. O médico e professor Ibn Zuhr (século XII d.C.) realizou procedimentos cirúrgicos em animais antes de fazer o procedimento em seus pacientes humanos (WEST, 2015).

Andreas Vesalius, John Hunter e outros cientistas realizaram dissecações e experimentos com animais durante o século XIX, resultando em contribuições

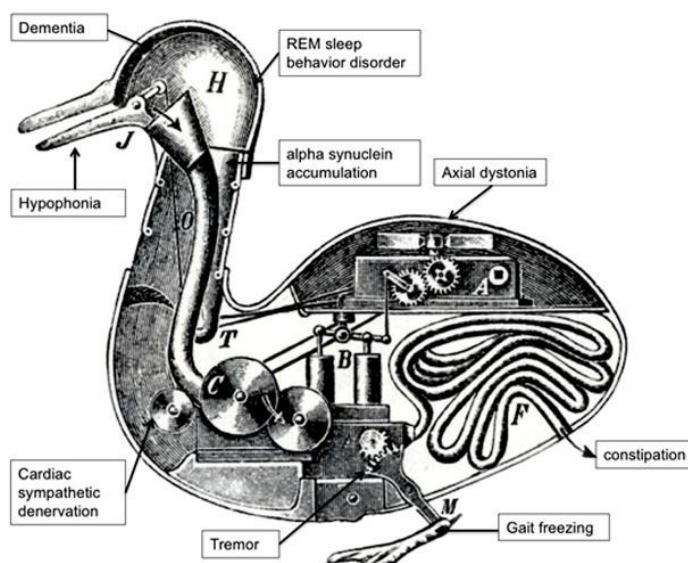
significativas para a medicina moderna. Alguns destaques incluem a compreensão da oxigenação do sangue nos pulmões por Robert Hooke, a teoria da respiração como combustão por Antonie Lavoisier e as observações de infecções por antraz de Louis Pasteur, que foram fundamentais para os estudos de Robert Koch descobridor do bacilo de Kock, causador da tuberculose e ganhador do prêmio Nobel (KINTER et al., 2021).

Cabe ressaltar que, para Ganna e Manjrekar (2019), a vivissecção era o processo de desmembramento de um ser vivo, geralmente para fins de ensino. Está era uma prática comum que evoluiu e passou a ser utilizada para experimentos e procedimentos cirúrgicos antes de serem aplicados em seres humanos. Em seus trabalhos, Nobeschi et al., (2018), a dissecação anatômica significava a exploração sistemática de um cadáver, através da divisão sucessiva de camadas de tecidos e liberação de estruturas por remoção do tecido conjuntivo e da gordura local.

A teoria mecanicista de Descartes, no século XVII, embasava tais procedimentos que, hoje com a evolução do conhecimento, são totalmente inaceitáveis e fica evidente a total ausência de conceitos éticos daquela época. Descartes acreditava que havia uma diferença entre seres mecânicos (máquinas e animais não-humanos) e seres autônomos (humanos) e a base da teoria era a separação entre corpo e espírito. Descartes acreditava que a capacidade de usar a linguagem e o conhecimento era o que diferenciava os humanos dos animais não humanos e, portanto, que os animais não possuíam alma e não sentiam dor (LIRA,2022)

A figura 2 retrata a gravura do Canard Digérateur ou “Pato Digerente”, como ficou conhecido a concepção do que seria o pato mecânico criado por Jacques de Vaucanson no século 18. Ele demonstrações com o pato que comia grãos, digeriria e excretava na frente de um público. Os expectadores não tinham noção que as fezes não eram produzidos pelo pato e sim colocados sorrateiramente no protótipo (ESPAY; LANG, 2018).

Figura 2 - O “Pato de Vaucanson” serviu para ilustrar a visão de Descartes (no estudo do pesquisador em *De Homine*, 1662) ao exemplificar a diferença entre seres humanos e máquinas.



Fonte: (ESPAY; LANG, 2018)

Além da teoria mecanicista, René Descartes e outros estudiosos como, Jean Baptiste Van Helmont, William Harvey, Isaac Newton e John Needham acreditavam na teoria da Abiogênese onde existia uma “força vital” na matéria inanimada que era responsável por originar os seres vivos. Enquanto a abiogênese tem como pilar os seres vivos surgindo de forma espontânea a partir de objetos sem vida, a biogênese confrontava esta teoria e sustenta a hipótese de que seres vivos seriam originados de outros seres vivos pré-existentes (ZILBER KONTIC, 2018).

O progresso nos estudos da fisiologia derrubou a teoria mecanicista de Descartes sobre a barreira entre homens e animais. Claude Bernard, pioneiro da fisiologia, estabeleceu princípios para o uso de animais e contribuíram significativamente no campo da fisiologia com suas descobertas sobre a função dos nervos cranianos, da biliar no aparelho digestivo e do glicogênio as quais foram fundamentais para a medicina contemporânea (FREITAS et al., 2021).

Enquanto alguns estudiosos usavam animais sem conhecimento prévio de cuidados e ética animal, a evolução do conhecimento científico criou a ética no uso destes animais. Jeremy Bentham foi um dos primeiros a defender a igualdade

e liberdade de todos os seres vivos, publicando, em 1789, o livro “Introdução aos princípios da moral e da legislação”. Esta obra provocou a sociedade a refletir sobre o uso de animais. Uma das principais indagações de Bentham se pautava em relação ao dia em que os animais iriam adquirir direitos próprios e que teriam a opção de não passarem por situações desagradáveis e poderem se recusar a se submeterem a determinados tratamentos onde passariam por sofrimento ou qualquer outra situação ruim (BENTHAM, 1789). A relevância dos animais em experimentação aumentou quando Louis Pasteur desenvolveu uma vacina para raiva utilizando cães e coelhos em 1885. Após 3 anos deste feito, foi fundado o Instituto Pasteur, um conceituado e renomado centro de pesquisas até hoje (CARDOSO, 1998).

A contribuição dos animais na experimentação levou ao progresso crescente de diversas áreas das ciências biomédicas e colaborou com o descobrimento de muitos medicamentos e tratamentos para uma série de doenças que, até então, não tinham cura. A tabela 1 demonstra como em vários anos muitos medicamentos, tratamentos e equipamentos médicos foram desenvolvidos com a colaboração dos animais.

Tabela 1 – Importância dos animais em diferentes contextos

| Período | Espécie animal | Principal uso |
|---------------|----------------------------|--|
| Antes de 1900 | Cachorro | Tratamento de raiva |
| | Coelho Galinha | Tratamento da deficiência de vitaminas do complexo B |
| 1900-1920 | Vaca | Tratamento da Varíola |
| | | Estudo sobre a patogenia da tuberculose |
| | Cachorro | Tratamento de raquitismo |
| | | Mecanismo de anafilaxia |
| 1920-1930 | Cachorro | Desenvolvimento da técnica de cateterismo cardíaco |
| | Coelho | Descoberta da insulina e do mecanismo de diabetes |
| 1930-1940 | Cachorro Gato | Mecanismo do eletrocardiograma |
| | | Desenvolvimento de anticoagulantes |
| | | Função dos neurônios |
| 1940-1950 | Macaco Coelhos Ratos | Tratamento da artrite reumatoide |
| | | Efeito terapêutico da penicilina em infecções bacterianas |
| 1950 - 1960 | Macaco | Descoberta do fator Rh do sangue Vacina febre amarela |
| | Rato | Cultivo do vírus da poliomielite, o que levou ao desenvolvimento da vacina |

| | | |
|-----------|------------|--|
| 1960-1970 | Coelho | Desenvolvimento da quimioterapia para o tratamento do câncer |
| | Macaco | Descoberta do DNA |
| | Rato | Desenvolvimento de fármacos antidepressivos |
| | Camundongo | Interpretação do código genético e seu papel na síntese de proteínas |
| 1970-1980 | Macaco | Tratamento de lepra |
| | Porco | Desenvolvimento de tomografia |
| 1980-1990 | Rato | Desenvolvimento de anticorpos monoclonais |
| | Coelho | |
| | Camundongo | Desenvolvimento da terapia gênica |

Fonte: Cardoso, 1998.

Durante a Segunda Guerra Mundial, ocorreram experimentos cruéis em campos de concentração com seres humanos, levando à criação do Código de Nuremberg em 1947 para proteger os direitos das vítimas e estabelecer princípios de autonomia do paciente (LOPES; BRAZ, 2020).

Após a guerra, houve um aumento nas pesquisas biomédicas e no uso de animais de laboratório, levando a associações médicas e de fisiologia a unirem forças contra o movimento vivisseccionista (LOPES; BRAZ, 2020).

A experimentação animal tem sido uma ferramenta importante na era moderna uma vez que colabora até os dias atuais para a produção de vacinas contra doenças como poliomielite, varíola, sarampo e na compreensão de doenças como leucemia, AIDS/HIV e o câncer. Ainda, a experimentação animal tem sido particularmente relevante nos esforços contra a pandemia causada pela COVID-19 ajudando a encontrar estratégias terapêuticas para combater o vírus SARS-COV 2 e minimizar a sua morbidade e mortalidade (SCHLOTTAU et al., 2020)

2.2 Ética na experimentação

O uso de animais em pesquisas é uma questão controversa há muito tempo, pois há preocupações sobre o bem-estar e se os procedimentos aos quais são submetidos é algo aceitável. Estes animais são usados para testar novas moléculas, desenvolver modelos de doenças e testes de segurança biológica para o avanço do conhecimento, entre outros (HUBRECHT; CARTER, 2019).

De acordo com diferentes resoluções normativas membros da comunidade científica que usam, cuidam e produzem animais de laboratório devem assumir a responsabilidade pelo seu bem-estar. As condições que regem o uso de animais de laboratório são encontradas nas leis, nas normativas, na cultura e nas tradições e são encapsuladas pelas instituições legais que estabelecem e fazem cumprir essas regras (VASBINDER; LOCKE, 2017).

Os direitos dos animais foram discutidos desde a antiguidade e ainda é objeto de discussão ética atualmente. A tabela 2 demonstra que a utilização desses animais em pesquisas sofreu influência de variáveis ao longo do tempo, como contexto sociocultural e histórico.

Tabela 2 - Cronologia dos principais eventos relacionados à prática do uso de animais.

| Responsável | Evento |
|--|---|
| Alcméon (500 a.C) | Praticou vivisseções com métodos de comparação entre seres humanos e animais. |
| Aristóteles (384-322 a.C.) | Tinha como teoria a superioridade dos humanos em relação aos animais |
| Herófilo (350-322 a.C) e Erasítrato (350-240 a.C.) | Utilização da experimentação como ferramenta de sistemas orgânicos. |
| Galeno (130-200 d.C.) | Primeiras vivisseções com finalidade experimental |
| Vesalius (1514-1564 d.C) | Realizou vivisseções e comparou com a anatomia de cadáveres humanos. Seus estudos deram base para a publicação do primeiro Atlas de Anatomia. |
| William Harvey (1600) | Primeira vivisseção sistemática do aparelho circulatório de aproximadamente 80 animais o que deu base para a publicação da obra " <i>Exercitation anatomica de motu cordis et sanguinis in animalibus</i> " |
| René Descartes (1596-1660) | Baseava-se na teoria mecanicista na qual dizia que os animais eram desprovidos de alma e, portanto, eram incapazes de sentir dor diferente dos seres humanos. |
| Voltaire (1694-1778) | Defendia a teoria de que os animais eram seres sencientes, ou seja, sentiam dor e outras sensações e, por tanto, não acreditava na teoria de René Descartes. |
| Jeremy Bentham (1748-1820) | Base para os princípios morais e de legislação, representa um marco em relação a proteção animal. |
| Lei Inglesa Anticrueldade (1822) | Legislação contra maus tratos em animais, domésticos. |
| Louis Pasteur (1822-1895) | "Pai da microbiologia" ficou conhecido pelos seus estudos com microrganismos e na "Teoria dos Germes" no qual defendia que os patógenos não surgiam de matéria inanimada. |
| Criação da Sociedad for the prevention | Sociedade que promove o bem-estar |

| | |
|---|---|
| of cruelty to animals (1824) | |
| Charles Darwin (1859) | Descreveu o vínculo evolutivo entre as espécies animais possibilitando assim extrapolar os dados obtidos em pesquisas com modelos animais. |
| Claude Bernard (1865) | Em sua obra intitulada “An introduction to the Study of Experimental Medicine defendia o uso de animais em pesquisas científica, revolucionando o campo da fisiologia e farmacologia”. |
| British Cruelty to Animal Act (1876) | Primeira lei regulamentar no uso de animais em pesquisa do Reino Unido. |
| James Rowland Angell (1909) | Primeira publicação sobre bem-estar animal no mundo. |
| Decreto nº 24.645/1934 | No Brasil surge a primeira Lei de proteção animal. |
| Russel e Burch (1959) | Definição dos princípios dos 3R's, substituição, refinamento e redução no uso de animais. |
| Peter Singer | Sugeriu que o sofrimento de cada espécie seja analisado e comparado em relação a outras espécies não sendo uma comparação tão exata. |
| Publicação da Declaração Universal dos Direitos dos Animais pela Organização das Nações Unidas para Educação, a Ciência e a Cultura – UNESCO (1978) | Todos os animais nascem iguais diante da vida, e têm o mesmo direito à existência. |
| Tom Regan (1986) | Define critérios de discussão a respeito dos direitos dos animais não humanos. |
| Lei nº9. 605 (1998) | Publicada a Lei dos Crimes Ambientais onde dispõe de sanções penais e administrativas referente aos maus-tratos contra animais. |
| Lei Federal nº 11.794 – Lei Arouca (2008) | Sancionada em outubro de 2008, no Brasil, a qual dispõe sobre a a criação do Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal (CONCEA). A Lei também prevê a supervisão dos institutos de pesquisa cadastros e que utilizam animais em seus procedimento Ainda, este precisa ser aprovado pelo Comitê de Ética no Uso de Animais (CEUA) |
| Criação da Rede Nacional de Métodos | Que tem como objetivo a implementação, |

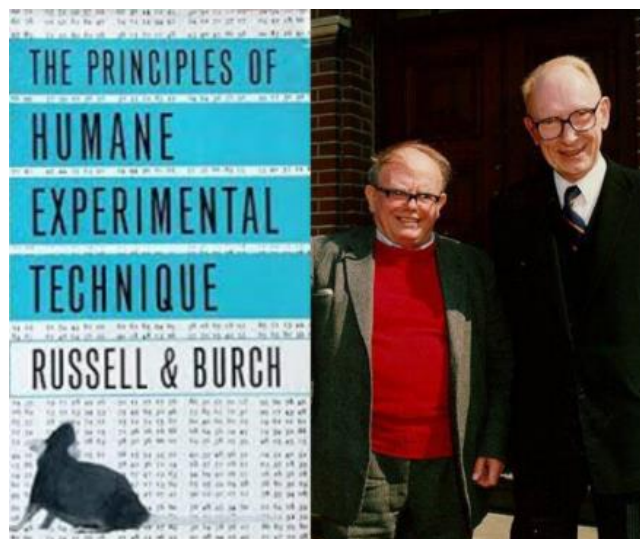
| | |
|--|---|
| Alternativos ao Uso de Animais (Renama) 2012 | desenvolvimento e a validação de métodos alternativos ao uso de animais. |
| Criação do Centro Brasileiro de Validação de Métodos Alternativos (BraCVAM) 2012 | Tem como objetivos principais desenvolver novos métodos, coordenar estudos de novos métodos, coordenar a validação de métodos alternativos, propor e avaliar protocolos de testes, participar de cooperação internacional entre outros pilares. |
| Resolução normativa nº58 (01/03/2023) | O CONCEA publicou a RN que proíbe no Brasil o uso de animais vertebrados, como ratos, coelhos, e cachorros para pesquisas científicas, desenvolvimento e controle de produtos de higiene pessoal, cosméticos e perfumes que utilizem em suas formulações ingredientes ou compostos com segurança e eficácia já comprovadas cientificamente. |

Fonte: Adaptado de Lira (2022).

A tabela 2 demonstra que diversos eventos foram fundamentais para o fortalecimento e a criação de leis e normas no Brasil e no mundo fomentando a reflexão e a evolução do conhecimento humano sobre a ética, o bem-estar da experimentação com animais não humanos.

O princípio dos 3R's é a base do bem-estar dos animais utilizados em experimentos científicos e consiste na substituição, na redução e no refinamento. Foi apresentado inicialmente por Charles Hume, na década de 1950, e descrito em detalhes por Russel e Burch em seu livro "The Principles of Humane Experimental Technique", em 1959, com apoio de renomados cientistas como Peter Medawar e William Lane-Petter (Figura 3) do Animal Welfare Institute (ANGELIS et al., 2019)

Figura 3 - O livro “The Principles of Humane Experimental Technique”(Esquerda) e William Russell & Rex Burch (Direita)

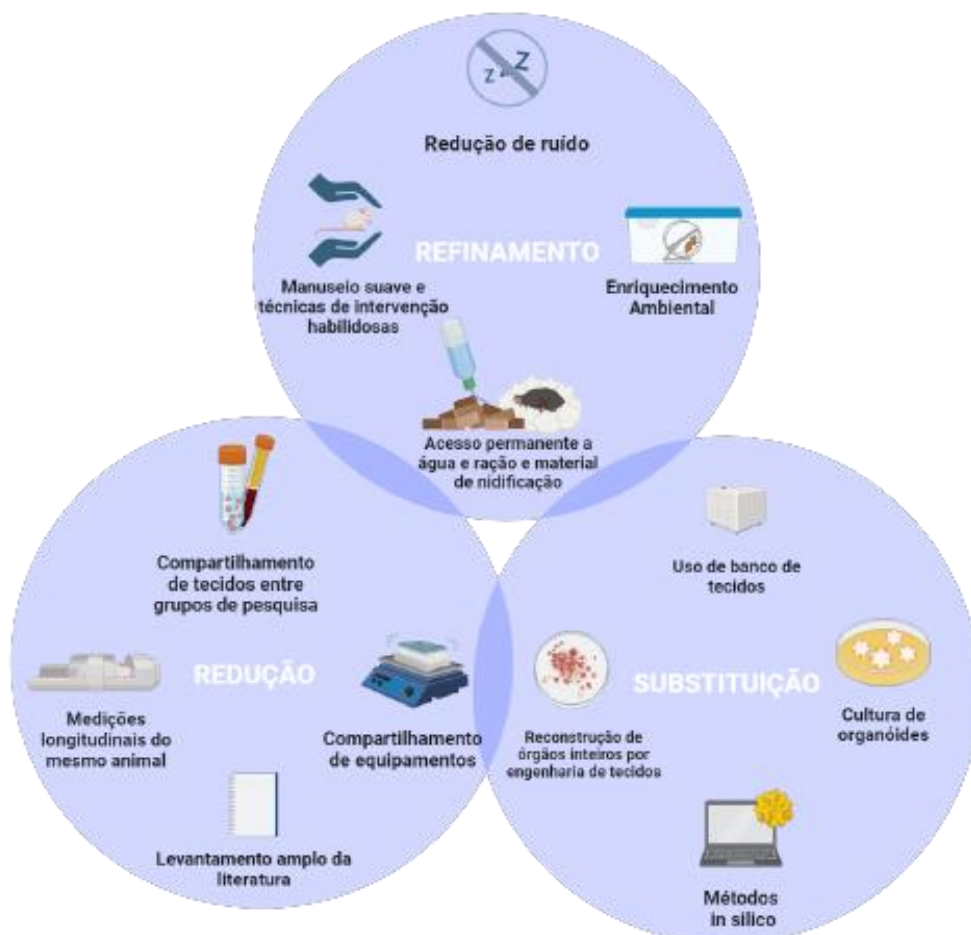


Fonte: Elaborado pelo autor

Atualmente, estes princípios estão inseridos em diversas legislações no mundo, que regem o uso de animais de laboratório. Trata-se de orientações para minimizar os impactos da utilização de animais para fins didáticos e/ou científicos, e com foco em explorar novas metodologias de refinamento dos estudos reduzindo a quantidade de animais utilizados, porém fornecendo os resultados esperados e confiáveis (DIAZ et al., 2021).

Existe uma gama de protocolos que estão de acordo com os preceitos dos 3R's e que não alteram os resultados dos estudos e corrobora com eles evidenciando que o bem-estar animal não interfere nos resultados da pesquisa. A figura 4 ilustra alguns destes protocolos que seguem os 3R's.

Figura 4 - Representação esquemática exemplificando os princípios dos 3R's: Substituição, Redução e Refinamento.



Fonte: Elaborado pelo autor

2.3 Resoluções Normativas (RNs) no Brasil

As RN's em Biotérios são um conjunto de regulamentações estabelecidas para garantir o bem-estar dos animais utilizados em experimentação científica, para estabelecer regras e condutas durante a experimentação e a adequação do ambiente a qual esses animais estão inseridos. Essas resoluções têm como objetivo estabelecer padrões mínimos para manutenção, cuidado e uso de animais em pesquisa, visando reduzir o sofrimento e a dor dos animais, além de assegurar a qualidade dos resultados obtidos. As RN's também estabelecem diretrizes para a criação e manutenção de biotérios e todas as suas

características particulares. Estes regulamentos são importantes para garantir a ética e a responsabilidade no uso de animais em pesquisa científica.

Antigamente, os biotérios no Brasil não tinham controle sanitário e ou ambiental adequado, resultando em ambientes inadequados para pesquisa e bem-estar animal. A regulamentação RN15 (2013), do CONCEA, estabeleceu requisitos de infraestrutura e ambiente que garantem a qualidade da pesquisa e do bem-estar animal. As adequações preconizadas pela RN15 padronizam a adequação da estrutura física e dos ambientes dos biotérios para melhorar a reprodutibilidade dos ensaios por outras instituições (ANDRADE et al., 2006; CEBALLOS; SANT'ANNA, 2018). A tabela 3 traz uma lista com todas as RN's voltadas para manutenção, manejo, infraestrutura, bem-estar e leis que regem os biotérios.

Tabela 3 - Lista de Resoluções Normativas e suas características.

| Resolução Normativa | Teor |
|---------------------|---|
| RN n.1 09.07.2010 | Dispõe sobre a instalação e o funcionamento das Comissões de Ética no Uso de Animais (CEUA) |
| RN n.5 14.06.2012 | Baixa recomendações as agências de amparo e fomento á pesquisa científica na forma prevista no art. 23 da Lei n.11.794. de outubro de 2008. |
| RN n.7 10.07.2012 | Dispõe sobre as informações relativas aos projetos submetidos às Comissões de Ética no Uso de Animais – CEUAS a serem remetidos por intermédio do Cadastro das Instituições de Uso Científico de Animais – CIUCA. |
| RN n.8 27.09.2012 | Dispõe sobre a prorrogação do prazo para envio do Relatório Anual de Atividades pelas Comissões de Ética no Uso de Animais – CEUAS. |
| RN n.9 08.01.2013 | Prorroga o prazo para requerimento do Credenciamento Institucional para Atividades com Animais em Ensino ou Pesquisa. |
| RN n.13 20.09.2013 | Baixa as diretrizes da Prática de Eutanásia do Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal. |
| RN n.15 16.12.2013 | Baixa a Estrutura Física e Ambiente de Roedores e Lagomorfos do Guia Brasileiro de Criação e Utilização de |

| | |
|--------------------|---|
| | Animais para Atividades de Ensino e Pesquisa Científica. |
| RN n.17 03.07.2014 | Dispõe sobre o reconhecimento de métodos alternativos ao uso de animais em atividades de pesquisa no Brasil e dá outras providências. |
| RN n.18 24.09.2014 | Reconhece métodos alternativos ao uso de animais em atividades de pesquisa no Brasil, nos termos da Resolução Normativa n.17. |
| RN n.19 25.11.2014 | Regula a vinculação de centros públicos ou privados que realizam procedimentos em animais vivos em atividades de ensino, extensão, capacitação, treinamento, transferência de tecnologia, ou qualquer, outras finalidades didáticas. |
| RN n.22 20.03.2015 | Baixa o Capítulo “Estudos conduzidos com animais domésticos mantidos fora de Instalações de Instituições de ensino ou pesquisa científica” do Guia Brasileiro de Produção, Manutenção ou Utilização de Animais em Atividade de Ensino ou Pesquisa Científica do Conselho Nacional de Controle e Experimentação Animal – CONCEA. |
| RN n.24 06.08.2015 | Dispõe sobre os procedimentos para abertura de processo administrativo no Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal. |
| RN n.25 29.09.2015 | Baixa o capítulo “Introdução Geral” do Guia Brasileiro de Produção, Manutenção ou Utilização de Animais para Atividade de Ensino ou Pesquisa Científica do Conselho Nacional de Controle e Experimentação Animal. |
| RN n.26 29.09.2015 | Disciplina quais estabelecimentos comerciais que produzem animais devem se credenciar junto ao CONCEA quando comercializam seus produtos a instituições que realizam atividades de ensino ou de pesquisa científica e dá outras providências. |
| RN 27 23.10.2015 | Dispõe sobre a utilização dos Formulários Unificados de Solicitação de Autorização para Uso de Animais em Experimentação. |
| RN 28 13.11.2015 | Baixa o Capítulo “Primatas não humanos mantidos em instalações de |

| | |
|------------------|--|
| | instituições de ensino ou pesquisa” do Guia de Produção, Manutenção ou Utilização de Animais em atividades de Ensino ou Pesquisa Científica. |
| RN 29 17.11.2015 | Baixa o Capítulo “Anfíbios e serpentes mantidos em instalações de instituições de ensino ou pesquisa científica” do Guia Brasileiro de Produção, Manutenção ou Utilização de Animais em Atividades de Ensino ou Pesquisa Científica. |
| RN 30 02.02.2016 | Baixa as Diretrizes Brasileiras para o Cuidado e a Utilização de Animais em Atividades de Ensino ou de Pesquisa Científica – DBCA. |
| RN 31 18.08.2016 | Reconhece métodos alternativos ao uso de animais em atividades de pesquisa no Brasil. |
| RN 32 06.09.2016 | Baixa as Diretrizes de Integridade e de Boas Práticas para Produção, Manutenção ou Utilização de Animais em Atividades de Ensino ou Pesquisa Científica. |

Fonte: Elaborado pelo Autor.

2.4 Biotérios

Biotérios, também chamados de instalações animais, são locais destinados aos cuidados, criação e manutenção de animais que são utilizados em ensino e pesquisas científicas. Essas instalações são, normalmente, utilizadas para abrigar animais como camundongos, ratos, coelhos e outros pequenos mamíferos ou também animais maiores, como cães, gatos e primatas não humanos.

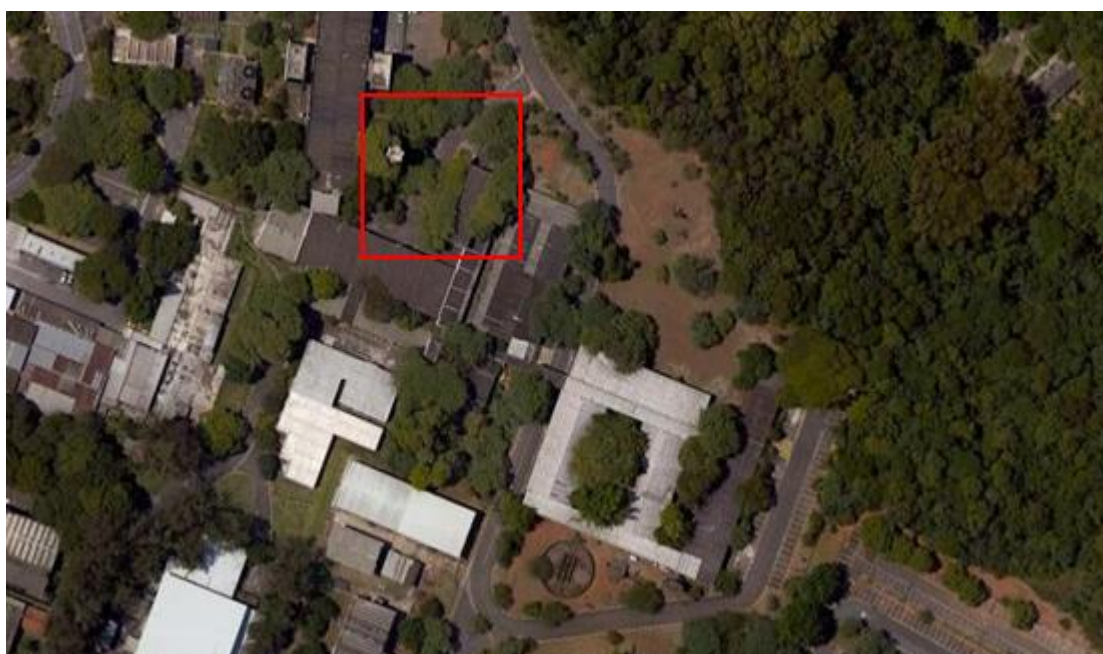
O planejamento adequado de um biotério é fundamental visando a criação, manutenção e ou utilização de animais nas instituições de pesquisas, levando em consideração as recomendações específicas para cada caso (ANDRADE, 2002).

Ao escolher o local para construir um biotério, é importante evitar proximidade com fontes poluidoras, vibrações e laboratórios que trabalham com agentes patogênicos. Além disso, a área deve permitir a expansão das instalações, ter fácil acesso para entrada e remoção de materiais e resíduos para a rotina como pode ser visualizado na figura 5, o biotério atende os quesitos de localização. As

recomendações são baseadas em estudos e normas para garantir o bem-estar dos animais e a segurança dos profissionais envolvidos (CONCEA, 2016b).

Essas instalações são projetadas para fornecer um ambiente controlado e seguro para os animais, com temperatura, umidade, iluminação e ventilação adequadas, além de alimentação e água de qualidade.

Figura 5 - Vista aérea do biotério Nanci do Nascimento no Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares - IPEN/USP



Fonte: arquivo do autor

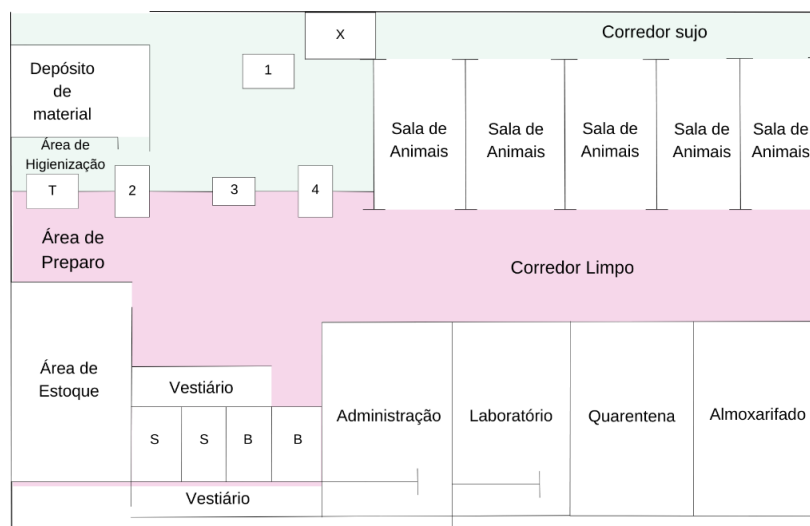
O CONCEA estipula que as instalações destinadas à manutenção de animais devem apresentar uma infraestrutura adequada para atender aos requisitos ambientais e sanitários, assegurando, desse modo, o bem-estar e a qualidade de vida dos animais (MAJEROWICZ, 2019). Em 2013, o CONCEA promulgou a Resolução Normativa 15 (RN15), a qual define requisitos fundamentais de infraestrutura e ambiente para biotérios, visando satisfazer as necessidades dos animais alojados nessas instalações. Conforme destacado por Rolin (2020), a RN15 delinea as exigências específicas para as instalações de animais de laboratório, incluindo a necessidade de barreiras físicas e sanitárias para minimizar as alterações fisiológicas dos animais e promover o seu bem-estar. Tais medidas são cruciais para preservar a saúde e reduzir a probabilidade de

contaminação, fatores que podem impactar diretamente nos resultados das pesquisas conduzidas com os animais.

O desenvolvimento de um biotério funcional e eficiente revela-se essencial para assegurar a adequação e segurança dos procedimentos realizados no local, considerando a diversidade de soluções de concepção disponíveis. Apesar da variedade de abordagens de projeto, existem diretrizes específicas a serem observadas, levando em consideração a natureza dos procedimentos a serem conduzidos. As instalações básicas de um biotério devem compreender áreas administrativas, recepção de animais/quarentena, depósito para insumos, materiais limpos, equipamentos e resíduos, área de higienização, sala de animais, vestiários, sala de procedimentos, sala de eutanásia e área de serviços, conforme estabelecido pelo CONCEA em 2016 (CONCEA, 2016b).

Segundo Majerowicz (2019), independente da finalidade dos biotérios, estas instalações têm como estrutura básica salas de animais que ficam entre dois corredores, (1) “corredor de acesso” que tem uma comunicação direta com as salas de animais e com outros ambientes da área controlada, conhecida também como área limpa, (2) “corredor de saída” também conhecido como corredor de recolhimento ou corredor sujo que dá acesso a outros setores do biotério como área de lavagem as salas onde os animais habitam são delimitados pelo macro e microambiente (Figura 6).

Figura 6 - Sala de animais, corredor limpo, corredor sujo e trânsito de materiais.



Fonte: Elaborado pelo autor

2.4.1 Macroambiente

De acordo com o CONCEA (2016), as instalações animais podem ser divididas em macro e microambientes. Os animais estão sujeitos a ambos os ambientes, a gaiola é o elemento divisor entre os dois ambientes.

A arquitetura e a manutenção das instalações influenciam no manejo de forma direta. As áreas que são destinadas aos cuidados dos animais devem ser isolada de outros ambientes do biotério, além disso, devem ter estruturas que as torne a prova de insetos e outros animais de vida livre. A estrutura deste ambientes influencia a circulação de pessoas e animais, o que deve ser o menor e as barreiras sanitárias devem ser utilizadas para que não ocorra contaminação (ANDRADE, 2002).

2.4.1.1 Ruídos

Ruídos em excesso podem causar uma série de transtornos aos animais e aos técnicos que realizam a manutenção dos mesmos. Um bom projeto arquitetônico e uma construção adequada, associada com uma boa gestão pode controlar essa variável indesejada. Os efeitos dos ruídos aos animais de laboratório variam de acordo com a intensidade, frequência, intermitência, duração e as características específica de cada linhagens que são mantidas no macroambientes. (CONCEA,2016).

Os roedores possuem a capacidade de captar a frequência de sons mais elevadas que a captada pelos ouvidos humanos (ultrassom) e se comunicam através desse tipo de frequência. Os danos mais observados animais de biotério com relação ao ruído são: danos ao aparelho auditivo, alterações no sistema imunológico, alteração na taxa de reprodução e no peso corpóreo (LAPCHIK et al., 2017).

2.4.1.2 Vibrações

Os focos de vibração podem estar presentes dentro ou fora dos biotérios e devem ser considerados quando ocorre o planejamento arquitetônico. As vibrações externas provenientes do trânsito de carros, caminhões e outros podem

ser transmitidos pelas paredes e pisos das salas. Já as vibrações internas podem ser geradas por equipamentos, sistema de ventilação e movimento excessivo de pessoas transitando pelos corredores ou dentro das salas. Uma vez identificado o foco medidas devem ser tomadas para minimizar o impacto nos animais. Vibrações excessivas podem levar a alterações de comportamento, bioquímico e no sistema imunológico. (CONCEA, 2016).

2.4.1.3 Iluminação

Variáveis ambientais como a iluminação são artificiais, sendo assim, é importante que se reproduzam os períodos de claro e escuro (dia e noite), pois a intensidade de iluminação e o fotoperíodo interferem diretamente no ciclo reprodutivo e no metabolismo (LAPCHIK et al., 2017).

De acordo com o CONCEA (2016), as seguintes considerações devem ser levadas em consideração quanto à iluminação das salas, onde são mantidos os animais:

- Iluminação natural não é recomendada;
- Iluminação artificial deve ser o mais próximo do natural;
- A iluminação deve ser uniforme, sem variação de brilho e proporcionar boa visibilidade;
- É recomendado um nível de iluminação cerca de 325 lux, distante 1,0 m do piso dos ambiente;
- O material do qual são fabricados as gaiolas devem proteger os animais da luz;
- Recomenda-se períodos de claro e escuro de 12/12 horas, com o uso de temporizadores programáveis.
- A luz deve ser distribuída por toda a sala, possibilitando assim realizar o manejo dos animais e mantendo o seu bem-estar.

2.4.1.4 Temperatura

O guia de Cuidados e Uso de Animais de Laboratório (2014) recomenda uma faixa de temperatura de 20 a 26 °C para garantir o conforto térmico dos animais de biotério. Alguns biotérios mantêm a temperatura entre 20 a 24°C. Quando

expostos a temperaturas baixas, os animais tendem a aumentar o consumo de ração em 60% para compensar a demanda metabólica. No entanto se os animais ficarem constantemente em temperaturas baixas, isso pode levar a estresse e interferir no bem-estar e nos resultados da pesquisa. Por outro lado, temperaturas elevadas podem causar aumento da atividade cardíaca e respiratória, produção de suor e outros efeitos.

2.4.1.5 Umidade

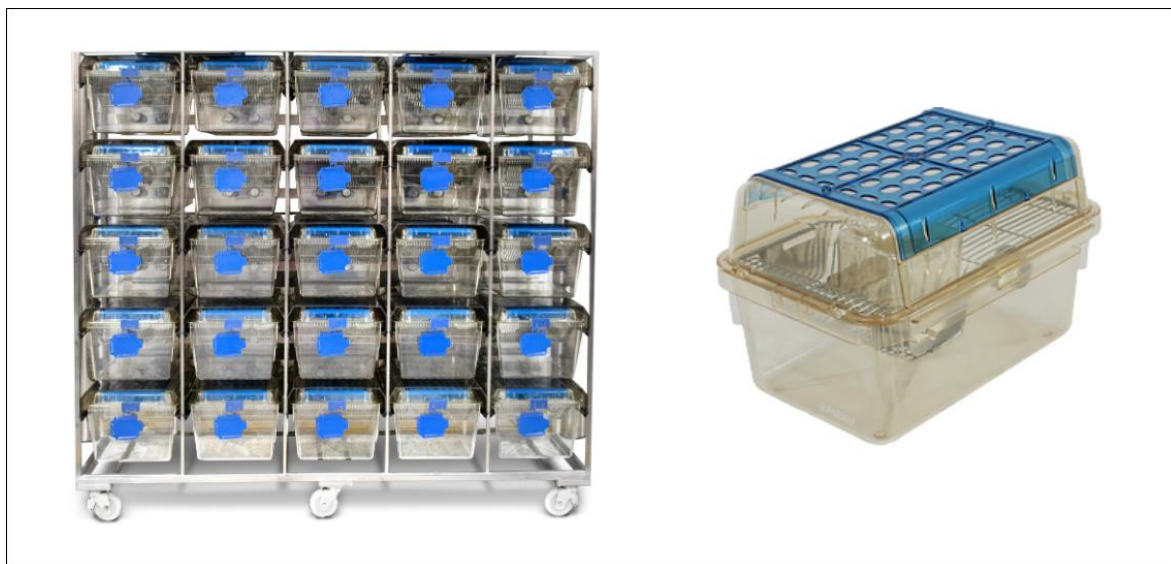
A umidade relativa do ar é importante para o bem-estar animal, uma vez que a produção de vapor d'água pela respiração e evaporação da urina tende a aumentar a umidade dentro da gaiola do animal. É necessário controlar efetivamente a umidade para prevenir o estresse e manter a saúde do animal. A umidade deve estar dentro dos padrões normais adequados para a espécie, nem muito baixa, o que pode levar a problemas respiratórios, nem muito alta, o que pode aumentar a produção de amônia. As mudanças drásticas de temperatura e altos níveis de umidade podem afetar os índices hematológicos e hipotalâmicos dos animais (LAPCHIK et al., 2017).

2.4.2 Microambiente

Segundo Majerowicz, (2008), um microambiente de biotério é um espaço físico que fica o mais próximo do animal, ou seja, o espaço que abrange a gaiola e todas as características necessárias para que o animal mantenha seu comportamento e bem-estar.

O microambiente em que os animais de laboratório são mantidos durante as pesquisas pode ser convencional, estantes de isolamento coletivo ou mini-isoladores individualmente ventilados. A figura 7 apresenta um modelo de mini-isolador e uma rack ventilada.

Figura 7 - Modelo de rack e mini isolador para animais de laboratório



Fonte: Elaborado pelo autor

Estas gaiolas podem ser organizadas em prateleiras convencionais ou em módulos para microisoladores conhecidos como rack, que são mais caros, mas oferecem melhor controle ambiental, sanitário e devido a insuflação de ar filtrado que reduz o nível interno de amônia e reduz a frequência de troca de forração e o estresse dos animais. A padronização do ambiente em que os animais são mantidos é importante para garantir a confiabilidade e reprodutibilidade dos experimentos, uma vez que fatores físicos do ambiente podem interferir nas respostas biológicas dos animais como mencionado anteriormente (ALMEIDA et al., 2020).

2.4.2.1 Forração de gaiola

O uso de cama ou forração adequada é fundamental no microambiente de animais de laboratório, devendo ser livre de pó, microrganismos, contaminantes químicos e aparas traumáticas. Além disso, deve permitir a absorção de urina, facilitar a termorregulação e apresentar boa relação custo-benefício. É recomendado uma profundidade de 2 cm de cama em gaiolas abertas e redução em 30% em microisoladores ventilados. Deve-se considerar também que é necessário proporcionar oportunidades para que os animais possam expressar o seu comportamento natural, como cavar, esconder-se e construir ninho (LAPCHIK et al., 2017).

2.4.2.2 Ração

A importância de garantir a qualidade da ração comercial peletizada é essencial dentro dos biotérios. Uma série de características devem ser levadas em conta desde a recepção da ração ao biotério até o momento de administrar o produto aos animais. Deve-se atentar para a data de fabricação, vencimento, integridade da embalagem, análise química e microbiológica e a curva de crescimento e consumo dos animais. O objetivo é garantir a saúde e bem-estar dos animais e garantir a eficácia e reprodutibilidade das pesquisas(LAPCHIK et al., 2017).

2.4.2.3 Água

É extremamente importante que a água fornecida aos animais de laboratório tenha um controle de qualidade, sendo fundamental que seja potável e testada periodicamente quanto à sua qualidade físico-química e microbiológica. Para garantir a qualidade da água, a filtração e a esterilização por calor em autoclave são os métodos mais empregados nos biotérios. Além disso, é recomendado trocar os dos animais frequentemente, no máximo ou mínimo duas vezes por semana, para evitar proliferação de microrganismos. O fornecimento adequado de água aos animais é fundamental para garantir sua saúde e bem-estar, além de manter a qualidade dos resultados obtidos durante as pesquisas (LAPCHIK et al., 2017).

2.4.3 Biossegurança em biotérios

Os procedimentos de biossegurança no biotério têm como objetivo garantir a qualidade e segurança dos animais utilizados em pesquisas além dos colaboradores e usuários. Eles são elaborados de acordo com as leis nacionais vigentes e recomendações internacionais, padronizando os procedimentos, treinando colaboradores e usuários, e fazendo uso de equipamentos de proteção individual e coletiva.

A manutenção periódica dos equipamentos e o descarte adequado dos materiais biológicos também são necessários. Todos os procedimentos devem ser

documentados em manuais e periodicamente revisados, garantindo a padronização, o acesso de pessoas, a paramentação obrigatória, o uso adequado dos equipamentos e materiais, os procedimentos de rotina de trabalho, a manutenção de gaiola de animais, abastecimento de bebedouros e ração, limpeza e higienização das dependências do biotério, além da desinfecção e esterilização de materiais (DE SALES, 2013).

2.4.4 Barreiras sanitárias em biotérios

As barreiras sanitárias e de contenção em biotérios têm como objetivo impedir o acesso de agentes indesejados e evitar a dispersão de agentes patogênicos para o meio. A contenção é necessária para proteger profissionais, animais e ambiente contra riscos potencialmente perigosos, essas barreiras são realizadas por meio de boas práticas de trabalho, equipamentos de proteção individual e coletivos, além do projeto das instalações e práticas operacionais. A avaliação de risco é fundamental para determinar as contenções primárias e secundárias necessárias e complementares (LAPCHIK et al., 2017; MAJEROWICZ, 2008).

2.4.5 Classificação de biotérios

Desde 1995, o Brasil tem atuado na pesquisa e desenvolvimento biotecnológico de Organismos Geneticamente Modificados (OGM). Universidade, centros de pesquisa e instituições produtoras de imunobiológicos e fármacos precisam de animais saudáveis e com constituição genética definida para controle de qualidade. Para atender a essa demanda, surgiram os biotérios, áreas destinadas à criação e manutenção de animais de laboratório em condições sanitárias rigorosas, respeitando as normativas e a bioética sendo assim os biotérios podem ser classificados de acordo com a sua finalidade e o seu padrão sanitário (LAPCHIK et al., 2017; MAJEROWICZ, 2008).

2.4.5.1 Classificação de acordo com a finalidade do biotério

Essa classificação se baseia na finalidade da instalação e foi definida pelo CONCEA na Diretriz Brasileira para o Cuidado e a Utilização de Animais para Fins

Científicas e Didáticos (DBCA). Ela depende da forma como os animais serão utilizados na instituição e pode ser dividida em diferentes categorias:

a) Biotério de criação

Esses ambientes são empregados para criar e preservar animais destinados à reprodução. Neles, são mantidos os indivíduos reprodutores de diversas espécies, visando uniformizar as características específicas da espécie e linhagem na descendência, antes que sejam empregados em estudos experimentais (conforme ANDRADE et al., 2006).

b) Biotério de manutenção

São utilizados apenas para abrigar animais e não possuem matrizes nem são usados em procedimentos experimentais. Os animais podem ser provenientes de diversas fontes, com ou sem padrão sanitário definido, dependendo da finalidade do biotério (ANDRADE et al., 2006).

c) Biotério de experimentação

São essenciais para manter animais usados em experimentos científicos. Para evitar estresse e resultados negativos, é recomendável que os animais sejam utilizados em laboratório próximo ao biotério de experimentação (ANDRADE et al., 2006).

2.4.5.2 Classificação de acordo com o padrão sanitário do biotério

Segundo Da Silva (2018), o padrão sanitário de um biotério é determinado pela microbiota associada aos animais, que incluem bactérias, vírus, fungos entre outros, e que podem ter impacto direto na pesquisa. Para Lapchik e Carissimi (2017), uma segunda característica do padrão sanitário de um biotério é definida pelas barreiras sanitárias adotadas na infraestrutura, que são cruciais para evitar contaminações por organismos indesejados. Assim como a finalidade do biotério o padrão sanitário dos animais pode ser classificado conforme:

a) Axênicos/ “Germ-free”

Animais axênicos ou “germ-free” são animais que tem ausência de microbiota e que são obtidos por meio de histerectomia para que os animais

nasçam em um ambiente limpo e livre de germes. Eles precisam de barreiras sanitárias eficientes e só podem ser acomodados em isoladores, que garantem as condições sanitárias e evitam a sua contaminação (ANDRADE et al., 2006).

b) Gnotobióticos

Animais que possuem a sua microbiota definida e devem ser criados em isoladores para manter a microbiota constante. Barreiras sanitárias também são necessárias nos ambientes onde esses animais são mantidos (ANDRADE et al., 2006).

c) “Livres de patógenos específicos ” (SPF)

São animais criados em biotérios com barreiras sanitárias eficientes ou são criados em acomodações que lhes privam de contato com potenciais agentes patogênicos mantendo sua microbiota definida e, para isto é necessária uma lista de patógenos conhecidos (MULLER, 2018).

d) Convencionais

Essa classificação se aplica aos animais que são criados em sistemas de gaiola aberta e sem isolamento do ambiente que transita pessoas e materiais, o que não confere qualquer tipo de barreira sanitária e que pode ser um agravante para a saúde dos animais mantidos nesse tipo de condição (MULLER, 2018).

e) Convencionais com barreira

Neste sistema específico, os animais são desenvolvidos com uma microbiota predefinida. No entanto, são posteriormente retirados dos isoladores e transferidos para biotérios equipados com barreiras sanitárias bem definidas. Esse procedimento visa monitorar cuidadosamente a presença de micro-organismos adquiridos acidentalmente ou inoculados de forma intencional, conforme descrito por Müller em 2018.

2.4.5.3 Classificação de acordo com padrão genético

De acordo com o objetivo de cada protocolo, pode-se utilizar animais com uma genética mais homogênea ou mais heterogênea, assim, de acordo com estas características, os animais podem ser classificados como descrito a seguir. As linhagens de camundongos podem ser classificadas como:

- a) Isogênica: são linhagens obtidas por acasalamentos entre irmãos e apresentam uniformidade fenotípica e estabilidade genética, permitem a realização de experimentos eliminando a variabilidade genética e reduz a quantidade de animais necessários para alcançar o poder estatístico desejado (MULLER, 2018);
- b) Heterogênico: são linhagens provenientes de acasalamentos ao acaso e mantêm uma grande diversidade genética, são fáceis de criar devido ao seu vigor híbrido e alta frequência de acasalamento (MULLER, 2018);

Atualmente, mais de 90% dos trabalhos científicos publicados em todas as áreas utilizam linhagens isogênicas.

2.5 Biotérios no Brasil

A legislação brasileira relacionada ao uso de animais em pesquisa é recente, tendo como primeira medida de proteção animal o Decreto nº24.645/1934. Já no final da década de 1970, foi estabelecida a Lei nº6.638/1979, que regulamentava a experimentação animal em todo o país, e apesar de suas fragilidades, a lei é considerada um marco na evolução da legislação brasileira, pois tratou de temas importantes, como a vivisseção, anestesia, supervisão técnica, condições de criação, manutenção e as penalidades contudo ainda faltam detalhes e direcionamentos na legislação (LIRA, 2022).

Outro ponto importante no marco legislativo relacionado a experimentação animal no Brasil foi a publicação da Lei n 9.605/1998 conhecida por Lei de Crimes Ambientais no Brasil, que estabelece sanções penais e administrativas em decorrência de condutas e atividades lesivas aos animais e ao meio ambiente. Essa lei busca proteger a fauna, a flora, recursos naturais e patrimônio cultural, estabelecendo penalidade para quem comete crimes ambientais (BRASIL, 1988, p.1).

A ausência de regulamentações e normatizações referente a experimentação animal para fins científicos e didáticos no Brasil e a falta de comunicação a respeito da necessidade de padronizar e trazer mais clareza a respeito do uso dos animais culminou no Projeto de Lei (PL) nº1.153/95 apresentada pelo deputado e pesquisador científico da Fiocruz Sérgio Arouca. O processo de tramitação do PL na Câmara dos Deputados e no Senado Federal foi longo, levando 13 anos até sua aprovação e posterior sanção pelo então presidente da República, Luiz Inácio Lula da Silva (BONELLA, 2009).

A Lei Arouca, como ficou conhecida, estabelece regras claras para a utilização de animais em atividades de ensino e pesquisa, estabelecendo que ela deve ser realizada de forma ética e responsável, minimizando ao máximo o sofrimento dos animais. Além disso, a lei também determina a criação de comissões de ética para avaliar os protocolos experimentais que envolvem os animais de biotério. O órgão responsável pelo credenciamento das Comissões de Ética no Uso de Animais (CEUA) é conhecido como Conselho Nacional de Controle e Experimentação Animal (CONCEA) ligado ao Ministério de Ciência e Tecnologia (BAEDER, 2012).

Ainda de acordo com esta Lei nº11.794/2008 é função do CONCEA (BRASIL, 1988, p.1) :

- a) Formular e zelar pelo cumprimento das normas relativas à utilização humanitária de animais com finalidade de ensino e pesquisa científica;
- b) Credenciar instituições para criação ou utilização de animais em ensino e pesquisa científica;
- c) Monitorar e avaliar a introdução de técnicas alternativas que substituam a utilização de animais em ensino e pesquisa;
- d) Estabelecer e rever, periodicamente, as normas para uso e cuidados com animais para ensino e pesquisa, em consonância com as convenções internacionais das quais o Brasil seja signatário;
- e) Estabelecer e rever, periodicamente, normas técnicas para instalação e funcionamento de centros de criação, de biotério e de laboratórios de experimentação animal, bem como sobre as condições de trabalho em tais instalações;

- f) Estabelecer e rever, periodicamente, normas para credenciamento de instituições que criem ou utilizem animais para ensino e pesquisa;
- g) Manter cadastro atualizado dos procedimentos de ensino e pesquisa realizados ou em andamento no país, bem como dos pesquisadores, a partir de informações encaminhadas pelas Comissões de Ética no Uso de Animais (CEUAs);
- h) Apreciar e decidir recursos interpostos contra decisões das CEUAs;
- i) Elaborar e submeter o seu regimento interno aprovação do Ministério da Ciência e Tecnologia;
- j) Assessorar o Poder Executivo a sobre das atividades de ensino e pesquisa tratadas nesta lei;

Em 2009, foi publicado o Decreto nº6.899 que estabeleceu a composição e normas de funcionamento do CONCEA no Brasil, além de criar o Cadastro das Instituições de Uso Científico de Animais (CIUCA).

Em 2012, foi criada a Rede Nacional de Métodos Alternativos ao Uso de Animais (Renama) e o Centro Brasileiro de Validação de Métodos Alternativos (BraCVAM). Em 2015, a Resolução da Diretoria Colegiada RDC da Anvisa nº 35/2015 do Ministério da Saúde/Agência Nacional de Vigilância Sanitária foi publicada, a qual reconheceu e aceitou os métodos alternativos de experimentação animal no Brasil descritos pelo CONCEA. Estes foram alguns dos grandes avanços na legislação brasileira em relação ao uso de animais fins científicos (LIRA, 2022).

De acordo com dados do CONCEA, no Brasil atualmente existem 391 instituições com biotérios cadastradas junto ao órgão (Figura 8A e 8B).

Figura 8A e 8B - Distribuição geográfica das instituições que possuem biotérios cadastrados junto ao CONCEA

8A



8B

| Região | CIAEP Vencido | Credenciada | Em Análise | Em Preenchimento | Total |
|---------------------|---------------|-------------|------------|------------------|------------|
| Centro-Oeste | 7 | 67 | 10 | 9 | 93 |
| Distrito Federal | 2 | 13 | 2 | 3 | 20 |
| Goiás | 2 | 29 | 5 | 4 | 40 |
| Mato Grosso | 2 | 12 | 2 | | 16 |
| Mato Grosso do Sul | 1 | 13 | 1 | 2 | 17 |
| Nordeste | 18 | 80 | 3 | 32 | 133 |
| Alagoas | 1 | 2 | | 1 | 4 |
| Bahia | 2 | 15 | | 8 | 25 |
| Ceará | 2 | 13 | 2 | 5 | 22 |
| Maranhão | 1 | 4 | | 2 | 7 |
| Paraíba | 1 | 18 | | 4 | 23 |
| Pernambuco | 2 | 15 | | 5 | 22 |
| Piauí | 3 | 4 | | 2 | 9 |
| Rio Grande do Norte | 4 | 8 | 1 | 1 | 14 |
| Sergipe | 2 | 1 | | 4 | 7 |
| Norte | 14 | 45 | 5 | 11 | 75 |
| Acre | 6 | 4 | | | 10 |
| Amapá | | 2 | | 1 | 3 |
| Amazonas | 1 | 12 | | 1 | 14 |
| Pará | 3 | 10 | 1 | 3 | 17 |
| Rondonia | 3 | 9 | 2 | 2 | 16 |
| Roraima | | 1 | | 2 | 3 |
| Tocantins | 1 | 7 | 2 | 2 | 12 |
| Sudeste | 39 | 390 | 13 | 70 | 512 |
| Espírito Santo | | 28 | 1 | | 29 |
| Minas Gerais | 14 | 116 | 2 | 17 | 149 |
| Rio de Janeiro | 6 | 37 | 5 | 8 | 56 |
| São Paulo | 19 | 209 | 5 | 45 | 278 |
| Sul | 18 | 130 | 1 | 18 | 167 |
| Paraná | 4 | 47 | | 10 | 61 |
| Rio Grande do Sul | 5 | 50 | 1 | 3 | 59 |
| Santa Catarina | 9 | 33 | | 5 | 47 |
| Total | 96 | 712 | 32 | 140 | 980 |

Fonte: CONCEA, 2023

2.6 Gestão de biotérios

De acordo com Garay (2011), a palavra gestão é o processo de conduzir uma organização e, a partir de condução, tomar decisões levando em consideração as demandas do ambiente daquela organização e os recursos disponíveis. Garay salienta que a gestão também está relacionada ao chamado processo administrativo, definido por Fayol, em 1916 como o ato de planejar, organizar, dirigir e controlar os recursos de um setor ou instalação, para que os objetivos se concretizem.

Em muitos lugares do mundo, os biotérios são considerados como empresas especializadas e que cumprem as demandas necessárias para comercialização e experimentação assim como o desenvolvimento tecnológico na área da saúde e são reconhecidos no mundo pelo seu sistema de gestão. As figuras 9A e 9B apresentam os importantes biotérios que tem uma estrutura de criação e de comercialização de serviços no Brasil e no mundo.

Figura 9A e 9B - Biotérios no Brasil e no mundo que mantem uma estrutura de empresa e comercialização de serviços para outras instituições.

9A



9B



Fonte: Elaborado pelo autor.

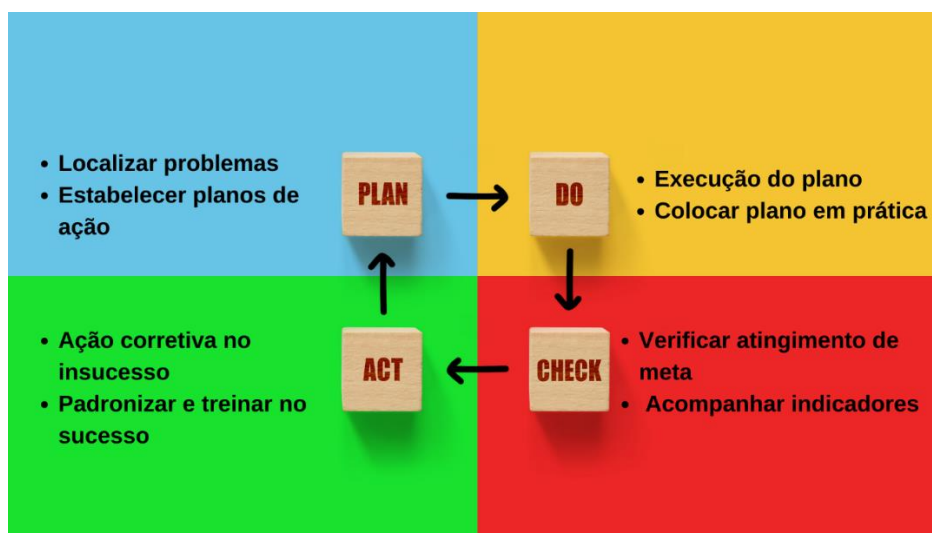
Ao passo que em países desenvolvidos muitos biotérios conseguem financiamento de forma mais rápida e conseguem administrar o processo de modernização e a padronização de biotérios. Já em outras partes do mundo, este processo é um ponto crítico. Em busca da qualidade, a padronização é um pilar fundamental para o gerenciamento das rotinas diárias em um biotério (CRUZ JÚNIOR, 2003).

No Brasil, por exemplo, segundo o Centro de Estudos e Gestões Estratégicas no Programa de Ação para Biotérios (CGEE) de 2003, muitos biotérios encontram-se com diversos problemas envolvendo a produção de animais padronizados, impacta a reprodutibilidade de ensaios e a produção de modelos que possam ser certificados. Tem-se observado cenários como a recusa de artigos científicos submetidos a periódicos internacionais pelo não cumprimento de diretrizes até a dificuldade para o registro de produtos oriundos das pesquisas pela falta de ação de Boas Práticas de Laboratório (BPL) (CGEE,2003).

Quando se fala na implementação de um sistema de gestão em biotérios logo se pode pensar na metodologia do PDCA. De acordo com De Sena (2023), a sigla PDCA do inglês, *Plan, Do, Check e Act* (Planejamento, Organização, Direção e Controle) é uma ferramenta de planejamento e melhoria proposta por Walter Shewhart na década de 30 e que foi divulgada por Deming, ficando conhecida como Ciclo de Deming. Com a execução desses quatro passos é possível atingir

a melhoria contínua do setor ou da empresa. A figura 10 define as etapas a serem seguidas para a utilização da ferramenta. O objetivo do PDCA é que com as quatro etapas sendo adequadamente executadas, permitam que a empresa melhore seu desempenho.

Figura 10 - Ciclo PDCA (PLAN, DO, ACT e CHECK)



Fonte: Elaborado pelo autor

2.6.1 Recursos Humanos

Geralmente todos os colaboradores envolvidos em uma instalação de animais de laboratório devem ter comprometimento com as suas atividades e responsabilidades que lhe foram delegadas, pois, esses ambientes possuem um nível de complexidade alto e qualquer falha pode acarretar uma série de perdas relacionada as pesquisas, plantel e informações vitais para o seu funcionamento.

O CONCEA instituiu a RN nº6 que preconiza a presença de um coordenador de biotério que deverá ser um profissional com conhecimento específico na ciência de animais de laboratório e que seja apto a gerir a instalação visando o bem-estar, á qualidade na produção, e o manejo dos animais; e o(a) Responsável Técnico(a) que deve ser obrigatoriamente um(a) médico veterinário(a) com registro ativo no Conselho Regional de Medicina Veterinária (CRMV) da sua região e que supervisione os protocolos que

utilizam os animais, supervisionar os animais da colônia de criação e implemente ações para o bem-estar e cuidados veterinários (BRASIL, 2012).

2.6.2 Equipe

Segundo Berg (2023), o conceito de equipe é definido como um pequeno número de pessoas, com uma série de conhecimentos que se complementam e que são compromissadas com um propósito e com metas.

Em um biotério a equipe deve ser composta minimamente por:

- Médico(a) Veterinário(a) (Responsável Técnico) zelar pela saúde, e pelo cumprimento das normas e recomendações éticas e bem-estar dos animais mantidos na instalação;
- Técnico(a) de biotério: faz o manejo reprodutivo e zootécnico dos animais além de fornecer (entregar) esses animais para os pesquisadores, alunos e comunidade científica que utiliza os mesmos;
- Administrativo: responsável pelas compras, manutenções, contratações e questões que envolvam a gestão da equipe e dos insumos utilizados no biotério;
- Limpeza: funcionários responsáveis por fazer a limpeza dos ambientes do biotério zelando pela organização e o bem-estar dos ambientes e necessidades

A importância de uma equipe qualificada no biotério é de extrema importância uma vez que as atividades desenvolvidas nessas instalações são complexas e não é suficiente apenas ter respeito pelos animais, é preciso seguir uma série de normas e cuidados para a correta manutenção dos animais observando por exemplo, saúde, disciplina, com os animais, responsabilidade, cuidados com o ambiente, noções de bem-estar e comportamento animal, reprodução e manejo de cada espécie utilizada (MARQUES, 1994).

Os colaboradores envolvidos nas atividades do biotério devem ter um elevado grau de comprometimento às responsabilidades delegadas pelos

gestores, pois sendo um ambiente de que exige o controle dos mais diversos parâmetros ao passo que qualquer falha pode acarretar perda de todos os dados oriundos do biotério, assim como impactar a colônia.

2.6.3 Médico(a) Veterinário(a)

O Médico (a) Veterinário (a) tem pilares alicerçados nas ciências biológicas e sociais, podendo ser vinculados a agricultura, saúde animal, a educação, o ambiente e a própria saúde humana, assim, protegendo e melhorando a saúde dos animais e dos seres humanos como um todo (ARÁMBULO, 1991).

Hoje as principais atribuições do Médico Veterinário são:

- a) diagnóstico, controle e monitoramento de zoonoses;
 - b) realização de estudos comparativos da epidemiologia e doenças não infecciosas em animais;
 - c) troca de informações entre a pesquisa veterinária e a pesquisa médica humana;
 - d) pesquisa de substâncias tóxicas e venenos originários de animais peçonhentos;
 - e) fiscalização de alimentos e vigilância sanitária, atuando em áreas exclusivas da profissão;
 - f) investigação de problemas de saúde relacionados à produção de alimentos;
 - g) supervisão da criação de animais para experimentação.
 - h) estabelecimento de conexões e colaborações entre organizações de Saúde Pública e Veterinária com outras unidades relacionadas a animais;
 - i) consulta técnica sobre assuntos de Saúde Humana relacionados a animais;
- (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2002).

2.6.4 Treinamento e Capacitação

Instituições públicas e privadas de pesquisa investem na capacitação de profissionais que atuarão em biotérios de experimentação, oferecendo cursos para aprimorar suas habilidades e mantê-los atualizados. A American Association for Laboratory Animal Science (AALAS) desempenha um papel fundamental nesse processo, sendo uma renomada associação que certifica profissionais em diversos níveis, incluindo técnicos, gestores e administradores, graças à sua sólida competência técnica.

Esse treinamento contínuo não apenas melhora o desempenho dos colaboradores, mas também assegura a conformidade com a legislação nacional em vigor, tornando essencial a promoção da atualização de conhecimentos por meio da participação em congressos e cursos nas áreas de ciência em animais de laboratório, biossegurança e boas práticas.

2.7 Softwares de gestão

Nos últimos anos a tecnologia da informação (TI) vem ganhando espaço em vários seguimentos, dentre eles, na saúde, por se tratar de uma ferramenta que otimiza recursos e traz benefícios à gestão e, como consequência, aos profissionais e aos usuários (HUHN et al., 2021).

Os softwares de gestão desempenham um papel crucial nas organizações facilitando a tomada de decisões estratégicas, automatizam processos, melhoram a comunicação e fornecem informações em tempo real, permitindo que as empresas se adaptem rapidamente às mudanças do mercado. Essas ferramentas, como o SAP (Systeme, Anwendungen und Produkte in der Datenverarbeitung), o Microsoft Dynamics e o Oracle, são fundamentais para a otimização operacional e o sucesso empresarial (TOTVS, 2023).

Estes softwares desempenham um papel fundamental em otimizar e aprimorar a rotina. Embora sua aplicabilidade seja ampla, destacam-se áreas específicas onde essas soluções oferecem benefícios significativos.

a) Indústria

Nas indústrias, a tecnologia desempenha um papel crucial na melhoria da produtividade, abrangendo desde o chão de fábrica até a gestão administrativa. Sistemas de gestão integrados permitem um acompanhamento próximo das operações e a análise de dados para decisões mais informadas, alinhando-se com os princípios da Indústria 4.0 que representa uma integração da automação industrial com diferentes tecnologias como IA (Inteligência Artificial), robótica, internet das coisas e computação em nuvem com o objetivo de promover a digitalização das atividades industriais melhorando os processos e aumentando a produtividade;

b) Logística

A logística e a tecnologia estão intrinsecamente ligadas, sendo indispensável para uma cadeia de suprimentos eficiente. O uso de software de roteirização otimiza o planejamento de rotas e atende às necessidades específicas de transporte, tornando a gestão logística mais eficiente.

c) Setor financeiro e administrativo

À medida que as empresas crescem, a gestão financeira e administrativa se torna mais complexa. Um software de gestão financeira integra processos, proporcionando um controle preciso e facilitando atividades relacionadas a impostos e regulamentos.

d) Recursos Humanos (RH)

O RH é um pilar fundamental na gestão de uma empresa. Softwares de gestão auxiliam na seleção, retenção e desenvolvimento de talentos, fornecendo dados abrangentes para decisões assertivas. Além disso, a automação de processos burocráticos libera tempo para atividades que melhoram o bem-estar dos funcionários.

e) Marketing e Vendas

A era digital impulsionou o marketing 4.0, que depende fortemente de tecnologias. Cabe ressaltar que o conceito de marketing 4.0 foi desenvolvido por Philip Kotler, Iwan Setiawan e Hermawan Kartajaya e se trata de fundir tanto o marketing tradicional que tem o foco na TV e na mídia impressa com o marketing

digital que ganhou um amplo espaço nos últimos anos por conta da pandemia da COVID 19 (OTIMIZAEJ, 2021). Ferramentas como CRM (Customer Relationship Management) e análises avançadas, como o Google Analytics, são essenciais para um marketing eficaz. Isso permite a captação, qualificação e retenção de leads, resultando em estratégias de alto desempenho e aumento nas vendas.

f) Varejo

No varejo altamente competitivo, o uso de software de gestão é vital. Ele possibilita o controle rigoroso de estoque, previsão de demanda precisa e estratégias de preços flexíveis. Além disso, sistemas omnichannel ou múltiplo canais permitem a diversificação dos canais de vendas, alcançando um público mais amplo e garantindo a competitividade no mercado.

Adicionalmente, vale ressaltar que setores como hospitais e laboratórios também podem se beneficiar significativamente do uso de software de gestão. Essas soluções permitem uma gestão mais eficiente de recursos, melhor controle de estoque de suprimentos médicos, agendamento de pacientes e, no caso de laboratórios, análise de resultados e integração com registros de saúde eletrônicos, contribuindo para um atendimento de saúde mais eficaz e preciso (TOTVS, 2023).

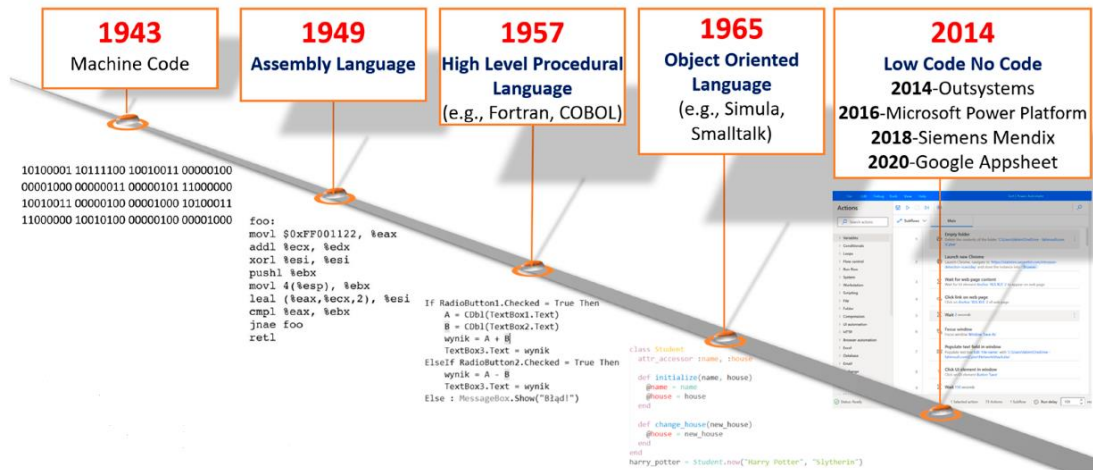
A maioria desses softwares são desenvolvidos com linguagem de programação intuitiva para facilitar para o desenvolvedor ao longo do processo do projeto e para o usuário na utilização da ferramenta. A escolha da linguagem de programação para o desenvolvimento de um sistema leva em consideração uma série de requisitos e a facilidade do desenvolvedor com a linguagem de programação. Entre muitas linguagens destaca-se atualmente as linguagens low-code ou linguagem com baixo código.

2.8 Linguagem low-code

Nos últimos anos, surgiu uma nova classe de ambientes de desenvolvimento de software chamada de “low-code”, que oferece a possibilidade de aumentar significativamente a produtividade do desenvolvimento de software (Figura 11). Essas plataformas também permitem novas formas de promover o alinhamento

dos negócios de TI e o empoderamento do usuário. As plataformas de código baixo são conhecidas como LCP, LCAP e LCDP e são uma tendência crescente no mercado de desenvolvimento de softwares (BOCK; FRANK, 2021).

Figura 11 - Evolução dos algoritmos: Linguagem de Máquina ao Low Code e No Code



Fonte: Modificado de Sufi (2023)

As plataformas low-code são uma tendência crescente na área de desenvolvimento de software, e estão se tornando cada vez mais populares entre as empresas que buscam agilizar e simplificar o processo de desenvolvimento de aplicativos (MICROSOFT, 2021).

Uma das principais características dessas plataformas é a modelização visual, que permite que os desenvolvedores criem aplicativos através de representações visuais em tempo real. Isso torna o desenvolvimento mais rápido e mais fácil de entender, reduzindo o tempo necessário para criar recursos e funcionalidades (SUFU, 2023).

Além disso, as interfaces “drag-and-drop” ou em português “arrastar e soltar” permite que os desenvolvedores criem rapidamente ideias sem precisar escrever o código manualmente. Isto é particularmente útil para empresas que desejam criar protótipos rapidamente ou realizar testes de conceito em curto período de tempo (MICROSOFT, 2021).

A segurança é uma preocupação importante em relação às plataformas “Low-Code”. Inicialmente o desenvolvimento era focado em recursos menores e menos críticos, o que tornava as plataformas menos seguras para o uso de empresas e instituições. No entanto, à medida que a adoção da tecnologia cresceu, as plataformas desenvolveram certificações de segurança em larga escala, tornando o uso totalmente seguro para empresas que desejam implementá-lo em suas operações (MICROSOFT, 2021).

2.9 Aplicações e serviços Office

O Office 365 é uma plataforma de produtividade baseada em nuvem oferecida pela Microsoft que inclui uma ampla variedade de aplicativos e serviços projetados para ajudar empresas a trabalhar de maneira mais eficiente e colaborativa. As principais aplicações incluem o Microsoft Word, Excel, PowerPoint, Outlook e OneNote, enquanto os serviços incluem o Microsoft Teams, SharePoint, Power Platform, OneDrive e Exchange Online. As ferramentas do Office também agilizam o trabalho em equipe.

No presente projeto, após avaliar diversas plataformas de programação foi escolhida a Power Platform para a criação do protótipo por ser uma ferramenta simples e intuitiva e desenvolvimento rápido.

2.9.1 Power Platform

A Power Platform é uma plataforma de aplicativos de negócios da Microsoft que permite criar aplicativos personalizados (Figura 12), fluxos de trabalhos automatizados e relatórios interativos. A plataforma é composta por quatro ferramentas principais: Power Apps, Power BI, Power Automate e Power Virtual Agents. A Power Platform também se integra perfeitamente com outras ferramentas e serviços da Microsoft, como o Dynamics 365 desenvolvido para ser um serviço de CRM e o já mencionado Office 365.

Figura 12 - Ferramentas que compõe a Power Plataforma



Fonte: Elaborado pelo autor

2.9.2 Power Apps

Segundo a Microsoft (2021), o Microsoft Power Apps é um serviço que permite o desenvolvimento de aplicações de uma forma muito mais efetiva e assertiva. Esta ferramenta possui conectores e plataforma de dados pré-definidos facilitando assim a criação de apps. O Power Apps utiliza linguagem low-code, que facilita o desenvolvimento uma vez que, ao longo do processo, são utilizados poucas linhas de comando. As aplicações desenvolvidas do Power Apps podem ser conectadas a diferentes bancos de dados (Common Data Service) ou banco de dados virtuais e ou onlines(Sharepoint, Microsoft 365, SQL Server).

2.9.3 Sharepoint

O SharePoint é uma base de dados que funciona como um repositório online onde que pode ser conectada as ferramentas da Microsoft, principalmente ao Power Apps. Para que se obtenha um ótimo resultado é necessário que se tenha um conta Microsoft para a criação das listas no banco de dados. As instituições utilizam este tipo de base de dados por ser um local seguro e organizado para se guardar informações. As listas que são criadas no SharePoint permitem uma fácil colaboração e compartilhamento de

dados entre equipes de trabalho. Existe um envolvimento de todos da equipe, pois, é possível criar permissões de acessos e manipulações de dados (MICROSOFT, 2021).

2.9.4 Power Automate

O Power Automate é uma ferramenta da Microsoft que permite a criação de fluxos de trabalho também conhecido como “workflows”, que são organogramas automatizados com o mínimo de código. Um exemplo do uso do Power Automate é o envio de e-mails automáticos quando se cria um item ou modifica um item na lista do Sharepoint ou em outro banco de dados conectados a esta ferramenta. Um estudo interno da Microsoft relata uma redução de 27,4% de erros devido ao aumento da automatização de processos (MICROSOFT, 2021).

2.9.5 Microsoft Power BI

O Power BI é um sistema de análise de dados que permite aos usuários coletar, transformar e visualizar dados de diversas fontes de maneira fácil e intuitiva. Com o ele, é possível criar painéis e relatórios interativos e compartilhá-los com outras pessoas, permitindo uma melhor compreensão dos dados e uma tomada de decisão mais precisa. Além disso, o Power BI oferece recursos avançados de análise, como modelagem de dados, aprendizado de máquina e integração com outras ferramentas de análise a Microsoft.

Antes de iniciar a construção do protótipo a primeira coisa que foi realizada em relação ao projeto como um todo foi mapear em quais ambientes do biotério Nanci do Nascimento/IPEN o aplicativo iria atuar e com esse mapeamento os seguintes ambientes foram considerados:

- a) Estoque de maravalha e ração;
- b) Estoque de medicamentos;
- c) Área de criação;
- d) Área de lavagem
- e) Área de experimentação

Com todos os setores do biotério mapeados para o desenvolvimento da aplicação a primeira etapa do projeto foi estruturar um banco de dados para receber os dados oriundos dos diferentes setores do biotério, criar telas para o aplicativo que irão servir de interface entre o usuário e o sistema, e criar um sistema automação para facilitar a rotina dentro do sistema.

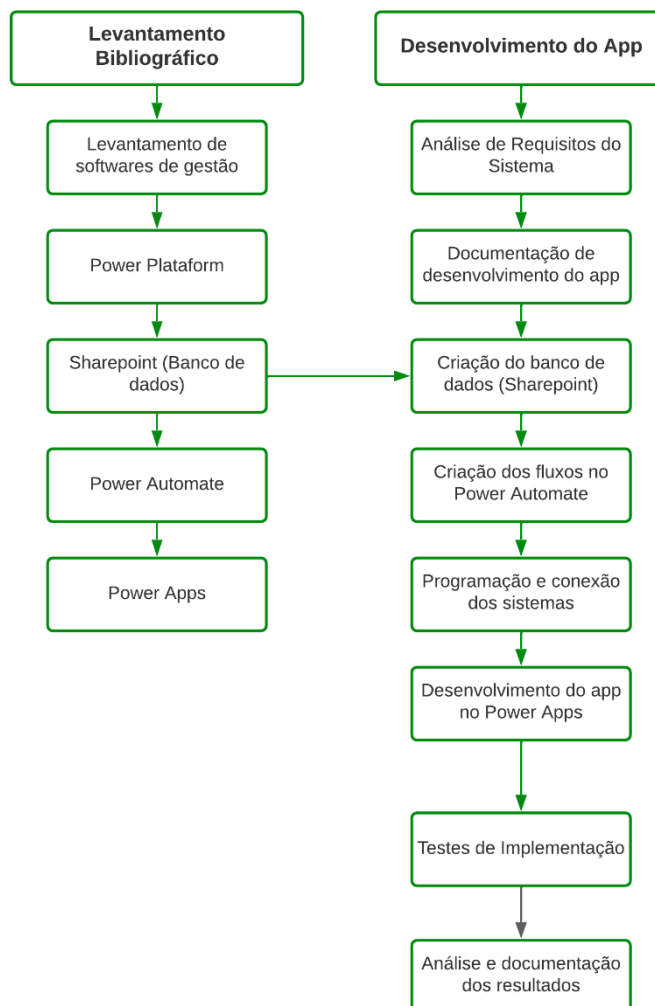
Uma vez que o protótipo é altamente customizável o desenvolvimento de aplicações para diferentes biotérios também pode ser realizado visando agilizar os processos na dinâmica do biotério.

Com base nas informações anteriores, o elevado grau de exigências e controle, a gestão precisa ser otimizada e automatizada. Isso se justifica também pelo elevado número de softwares de gestão de biotérios em países desenvolvidos e a ausência de softwares em países em desenvolvimento como no Brasil.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Neste capítulo serão apresentados os passos envolvidos na análise, desenvolvimento e testes do aplicativo Biocode. A figura 13 demonstra as fases paralelas de levantamento bibliográfico e da criação da aplicação.

Figura 13 - Fluxograma de metodologia de desenvolvimento do sistema



Fonte: Elaborado pelo autor

3.1 Levantamento de software e aplicativos de gestão

Para o levantamento dos principais sistemas e aplicativos para gestão de biotérios foi realizado de Fevereiro à Agosto de 2023 um levantamento nas principais bases de dados, a tabela 4 apresenta a base de dados e as palavras-chave, respectivamente, usadas para realizar as buscas.

Tabela 4 - Bases de dados e palavras-chave

| Base de dados | Palavras- chave |
|---|---|
| INPI's | Animal facilities; animal; husbandry; management; laboratory animal; non-human. |
| ANIMAL LAB | Management software; software solutions; laboratory animal; non-human. |
| AAALAS's | management software; software solutions; laboratory animal; non-human. |
| UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE | laboratory animals; animal facilities; management software; husbandry |
| GOOGLE PATENTS | laboratory animal; animal facilities; software husbandry |

Fonte: Elaborado pelo autor

Logo após está foi realizada uma análise sobre as funcionalidades de cada um desses sistemas, como controle de ambiente, gestão de arquivos, armazenamentos, protocolos experimentais, controle genético, gestão de colônias, gestão de equipes e gestão de equipamentos.

Além disso, foi fundamental identificar a linguagem de programação a ser utilizada no projeto e determinar as plataformas mais adequadas e tecnicamente viáveis para o seu desenvolvimento. Entre as opções disponíveis, a melhor opção foi Power Platform, um produto desenvolvido pela empresa Microsoft Ltda., como já descrito anteriormente.

A escolha desta plataforma se deu pelos seguintes motivos: facilidade de desenvolvimento de aplicações, por ser uma plataforma de “low-code” e pelos recursos de desenvolvimento oferecidos pela Power Platform. O uso destas ferramentas facilitou o desenvolvimento do projeto, especialmente porque algumas aplicações podem ser criadas arrastando e soltando elementos, permitindo um desenvolvimento ágil das aplicações.

A seguir, será abordada cada ferramenta da Power Platform e a sua utilização na confecção do ecossistema de desenvolvimento do Biocode (Bio = Vida e Code = Código).

3.2 Power Platform

A Power Platform da Microsoft é um conjunto de ferramentas e serviços que permite a criação de aplicativos personalizados, automação de processos, análises de dados e criação de “chatbots” sendo essa uma inteligência artificial que facilita a interação do usuário com o sistema, tudo isso sem a necessidade de conhecimento avançados em programação. A utilização deste conjunto de ferramentas para o desenvolvimento do projeto se deu pela sua facilidade de execução dos sistemas, a comunicação integrada com outras ferramentas da Microsoft e pela sua simples linguagem.

3.2.1 Power Apps

O Power Apps é uma ferramenta de desenvolvimento de aplicativos “low-code” que permite criar interface de usuário personalizadas e interativas. Com o Power Apps é possível criar formulários, exibição de dados, e fluxos de trabalho automatizados sem a necessidade de escrever códigos extensos. Para o desenvolvimento das interfaces do Biocode foram desenvolvidas telas com o visual amigável que permite que o usuário utilize de forma eficiente e simples a aplicação. Para o projeto, foram construídas as seguintes telas:

- a) Tela de acesso: primeira tela da aplicação onde o usuário irá colocar o nome de usuário e senha e se tiver autorização prévia de uso irá acessar as demais telas, assim como recuperar a senha caso tenha perdido;
- b) Tela de menu: tela que contém um menu personalizado para que o usuário possa navegar entre as telas da aplicação;
- c) Tela de insumos: todos os insumos que são utilizados em biotérios serão geridos através dessa tela, onde o usuário poderá incluir e dar baixas no sistema, gerar cartões de qrcode, excluir ou editar o item em questão.

3.2.2 Sharepoint

O Sharepoint é uma ferramenta de colaboração e gerenciamento de conteúdo que permite a criação de sites internos para compartilhar informações, documentos, listas, calendários e outras ferramentas de trabalho. Além disso, o também permite a criação de listas que funcionam como banco de dados, recebendo dados de outras ferramentas e armazenando-os de forma eficiente. Neste projeto, foram criadas as seguintes listas de apoio no Sharepoint:

- a) Produtos: com informações sobre insumos dos estoques;
- b) Equipamentos: informações sobre as características dos equipamentos e manutenções preventivas e corretivas dos mesmos;
- c) Fornecedores: listas com informações sobre todos os fornecedores do biotério;
- d) Variáveis ambientais: informações de temperatura e umidade das salas de criação;

3.2.3 Power Automate

Esta é uma ferramenta de automação de processos que permite criar fluxos de trabalho automatizados para simplificar tarefas e melhorar a produtividade. Com o Power Automate, é possível automatizar processos repetitivos como aprovações de documento, alertas por e-mail e integração com diferentes recursos. Para o desenvolvimento do projeto será realizado diferentes fluxos automatizados e a lógica dos fluxos será apresentada em resultados. Os fluxos criados foram:

- a) Fluxo de estoque mínimo: esse fluxo automatizado avisa quando um produto está acabando ou está em falta no estoque;
- b) Fluxo de manutenção preventiva de equipamentos: avisa, previamente por meio de e-mail, a data das próximas manutenções preventivas e ou corretivas de equipamentos presentes no biotério;
- c) Fluxo de data de desmame: uma automação que encaminha um e-mail avisando quando a data de desmame dos animais está próxima;

4 RESULTADOS

4.1 Levantamento de aplicativos e sistemas de gestão de biotérios

Este levantamento foi realizado baseado no trabalho de Lima et al., (2022), e os resultados foram compilados e apresentados na tabela 5.

Curiosamente dois softwares pesquisados possuem a característica relacionada ao manejo de primatas não humanos mantidos em biotérios. Também foi descoberto que a maioria dos softwares possuem as seguintes funcionalidades: controle ambiental (n=20), controle de gaiolas por etiquetas (n=19), gravação e armazenamento de protocolos (n=8), controle de manejo reprodutivo (n=18), controle de gestão sanitária (n=7), controle de dados genéticos (n=1), gestão financeira (n=3), gerenciamento de equipe (n=1) e supervisão de equipamentos (n=3). Quanto aos países de origem nos desenvolvimentos dos softwares: Estados Unidos (n=11), Brasil (n=1), Reino Unido (n=3), França e Alemanha (n = 2 para cada país), Colômbia, Austrália, Espanha, Finlândia, Portugal, Israel e Taiwan (N= 1 para cada país).

Tabela 5 - Softwares de gestão de biotérios e suas funcionalidades.

| Software | Controle Ambiental | Controle de gaiolas por etiqueta | Gravação de protocolos | Controle de manejo reprodutivo | Controle de gestão sanitária | Controle de dados genéticos | Gestão financeira | Gerenciamento de equipe | Supervisão de equipamentos |
|----------------|--------------------|----------------------------------|------------------------|--------------------------------|------------------------------|-----------------------------|-------------------|-------------------------|----------------------------|
| Bioterc* | OK | OK | - | OK | - | - | - | - | - |
| Tick @ lab | OK | OK | OK | OK | - | - | - | - | - |
| LabCollector | OK | OK | - | - | - | - | OK | - | - |
| LARS | - | OK | - | OK | OK | - | OK | - | - |
| Programa ENOS | OK | OK | - | OK | - | OK | - | - | - |
| Armis | OK | OK | OK | OK | OK | - | - | - | - |
| Animal Bioware | OK | OK | - | OK | - | - | - | OK | - |
| Avidity | OK | OK | - | OK | - | - | - | - | - |
| Ponemah | - | - | - | - | OK | - | - | - | - |
| Cayuse | OK | OK | - | OK | - | - | - | - | OK |
| RPM | OK | OK | OK | OK | - | - | - | - | - |
| Pris | OK | OK | OK | OK | OK | - | - | - | - |
| Galilei | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Geneoz | OK | OK | - | OK | - | - | - | - | - |

| Software | Controle Ambiental | Controle de gaiolas por card | Gravação de protocolos | Controle de manejo reprodutivo | Controle de gestão sanitária | Controle de dados genéticos | Gestão financeira | Gerenciamento de equipe | Supervisão de equipamentos |
|-------------------|--------------------|------------------------------|------------------------|--------------------------------|------------------------------|-----------------------------|-------------------|-------------------------|----------------------------|
| Instem | OK | OK | OK | OK | - | - | - | - | - |
| Keyusa | - | - | OK | - | - | - | - | - | - |
| Locus | OK | OK | - | OK | - | - | - | - | - |
| Mayakind | OK | OK | - | OK | OK | - | OK | - | - |
| NorayBio | OK | OK | - | OK | OK | - | - | - | - |
| Osgenic | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Sionics (Pyrat) | OK | OK | - | OK | - | - | - | - | - |
| StudyLog | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Swiftag system | - | - | - | - | - | - | - | - | OK |
| Realview | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Vium | OK | - | OK | - | - | - | - | - | - |
| Armsd | OK | OK | - | OK | OK | - | - | - | - |
| EZ System sinc | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Turner Scientific | OK | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Mosaic vivarium | OK | OK | OK | OK | - | - | - | - | - |
| Infoedglobal | - | - | - | - | - | - | - | - | - |

Fonte:

Elaborado

pele

autor

4.2 Criação do banco de dados no Sharepoint

Nesta fase foram criadas as listas do banco de dados onde foram armazenadas as informações sobre os insumos que são mantidos no estoque, os dados zootécnicos da colônia de criação e a manutenção de equipamentos que são mantidos nas instalações do biotério. As tabelas 6, 7, 8 e 9 apresentam os campos e seus respectivos tipos de dados para cada lista criada para a aplicação.

Tabela 6 – Lista de produtos

| Nome do campo | Tipo de dados | Descrição |
|-------------------|---------------|------------------------------|
| Produto | Texto | Nome do item cadastrado |
| Imagem do produto | Imagem | Foto do item cadastrado |
| Quantidade | Número | Quantidade de itens |
| Quantidade Mínima | Número | Quantidade mínima em estoque |
| Esterilização | Texto | Tipo de esterilização |
| Código | Número | Identificação do item |
| Unidade | Escolha | Unidade de medida do item |
| Lote | Número | Lote de fabricação do item |
| Qrcode | Hiperlink | Qrcode gerado para o item |

Fonte: Elaborado pelo autor

Tabela 7 – Lista de equipamentos

| Nome do campo | Tipo de dados | Descrição |
|---------------|---------------|---------------------------|
| Equipamento | Texto | Nome do equipamento |
| Marca | Texto | Marca do equipamento |
| Modelo | Texto | Modelo do equipamento |
| Inspeção | Data | Calendário com datas |
| Qrcodes | Hiperlink | Qrcode gerado para o item |

Fonte: Elaborado pelo autor

Tabela 8 – Lista de fornecedores no Sharepoint

| Nome do campo | Tipo de dados | Descrição |
|---------------|---------------|------------------------|
| Fornecedor | Texto | Nome do fornecedor |
| CNPJ's | Número | Número do CNPJ |
| Telefone | Texto | Telefone do fornecedor |
| E-mail | Texto | E-mail do fornecedor |
| Endereço | Texto | Endereço da empresa |
| Cidade | Texto | Cidade de localização |
| Anexo | Anexo | Logo da empresa |

Fonte: Elaborado pelo autor

Tabela 9 - Lista de variáveis ambientais no Sharepoint

| Nome do campo | Tipo de dados | Descrição |
|--------------------|---------------|-------------------------------|
| Número da sala | Número | Número da sala de criação |
| Temperatura máxima | Número | Valor máximo do macroambiente |
| Temperatura mínima | Número | Valor mínimo do macroambiente |
| Umidade máxima | Número | Valor máximo de umidade |
| Umidade mínima | Número | Valor mínimo de umidade |
| Data | Data | Dia que o registro foi feito |

Fonte: Elaborado pelo autor

4.3 Criação dos fluxos no Power Automate

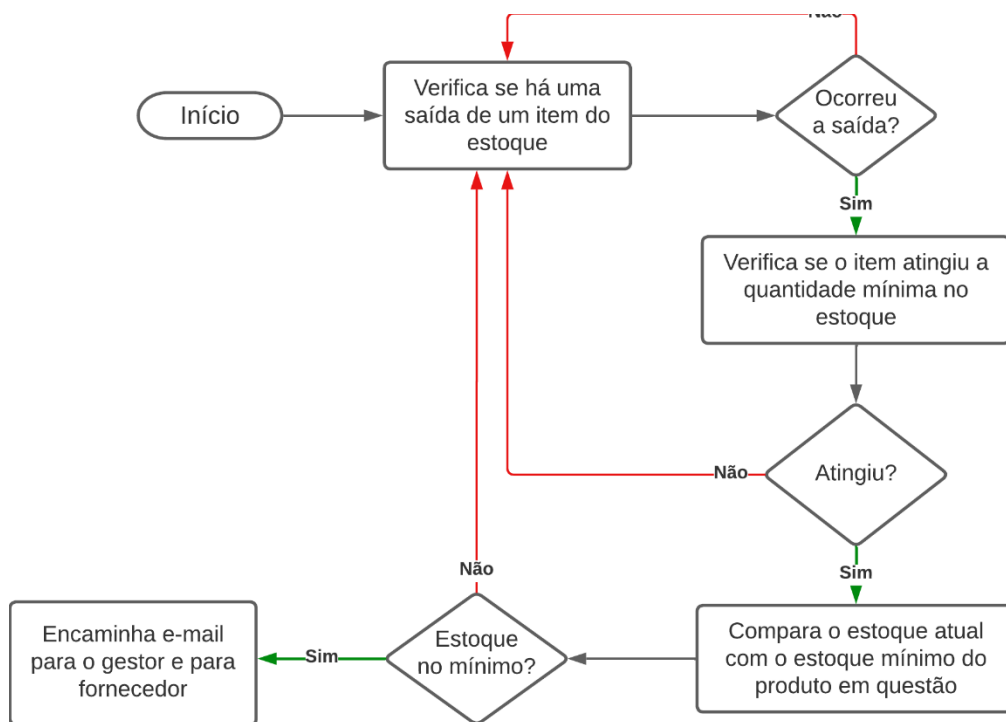
Com o objetivo de automatizar alguns processos complexos do biotério utilizou-se a ferramenta Power Automate que cria fluxos de trabalho afim de facilitar a experiência do usuário. Os fluxogramas a seguir apresentam a lógica de automação realizada.

a) Fluxo de estoque mínimo:

Para criar esta lógica um novo fluxo foi criado e conectado com a lista de “Produtos” do Sharepoint. A figura 14, a seguir, demonstra que sempre que

um item tem uma saída no estoque e alcança a quantidade mínima definida pelo gestor, o fluxo faz uma comparação do estoque atual com o estoque mínimo definido pelo mesmo, se o estoque do produto em questão estiver no mínimo, um e-mail é encaminhado para o gestor e para os fornecedores alertando que aquele produto precisa ser repostado.

Figura 14 - Fluxograma de funcionamento da lógica de estoque mínimo do Power Automate



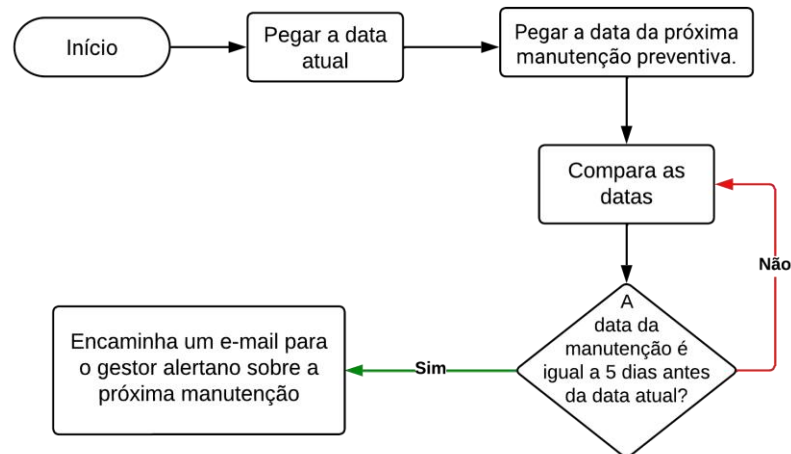
Fonte: Elaborado pelo autor

b) Fluxo de manutenção preventiva do equipamento:

Já é sabido que os equipamentos de um biotério devem passar constantemente por validações e reparos, uma vez que, são barreiras que impedem a contaminação dos animais e possíveis acidentes envolvendo os funcionários.

Para criar a dinâmica da manutenção preventiva de equipamentos um novo fluxo foi criado e conectado com a lista de “Equipamentos”. De acordo com o equipamento selecionado, o fluxo faz uma comparação da data atual com a data da próxima manutenção preventiva, afim de alertar ao gestor a data da próxima manutenção. A figura 15 demonstra como o fluxo de comparação de datas e encaminhamento de e-mail será realizado

Figura 15 - Fluxograma de manutenção preventiva de equipamentos

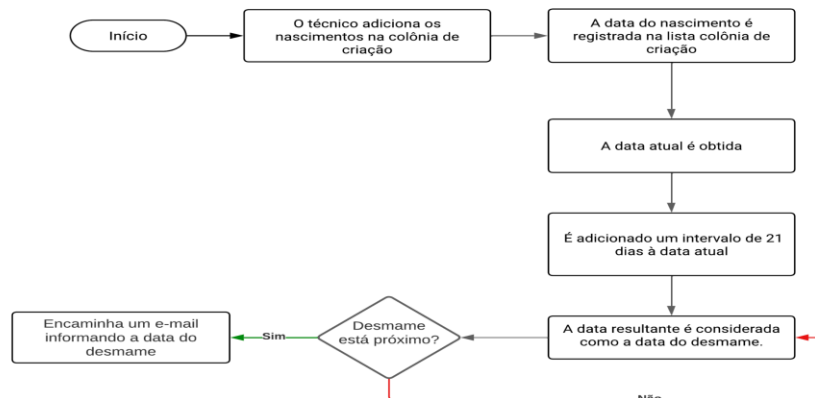


Fonte: Elaborado pelo autor

c) Fluxo de data de desmame:

Neste fluxo, a lista de “colônia de criação” do banco de dados foi conectada em um novo fluxo do Power Automate e sempre que um colaborador insere a data de nascimentos na colônia de criação, o fluxo utiliza a data atual e soma 21 dias, ao passo que 21 dias é a quantidade de dias que um animal leva para ser desmamado e encaminhado para o estoque da colônia, quando a data do desmame está próxima da data atual, o sistema encaminha um e-mail avisando sobre os desmames a serem feitos. A figura 16 demonstra o fluxo em funcionamento.

Figura 16 - Fluxograma de data de desmame dos animais



Fonte: Elaborado pelo autor

4.4 Desenvolvimento das interfaces do sistema

Nesta fase do projeto, foram criadas as telas de interface com o usuário que irão compor o sistema e por meio da ferramenta Power Apps. Esta foi escolhida por ser simples e por possuir um ambiente gráfico amigável e com caixas de textos, botões e menus pré-configurados.

a) Tela de cadastro e acesso:

Nesta tela, o usuário poderá acessar o sistema, cadastrar um novo usuário ou mudar a senha caso tenha perdido a última. Esta tela foi criada com a logo do sistema, uma mensagem para o usuário que está acessando o aplicativo, um botão de acesso ao aplicativo e um botão para que o usuário possa a senha em caso de esquecer. A figura 17 ilustra funcionamento da tela de login.

Figura 17 - Representação da tela de login de usuário

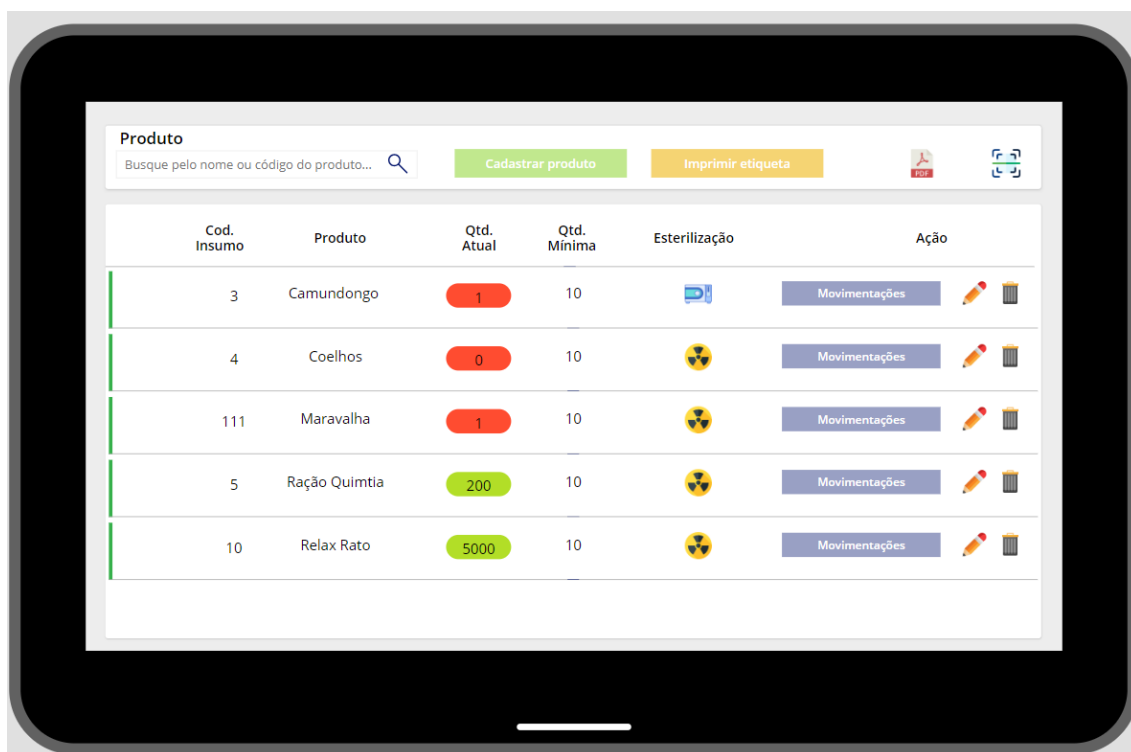


Fonte: Elaborado pelo autor

b) Tela de cadastro de produtos:

Cenário pré Biocode: Sabe-se que a maioria dos biotérios mantém uma base de dados de estoque por meio de cadernos, formulários ou planilhas do Excel. No biotério Nanci do Nascimento a

Figura 19 - Representação da tela de produtos do aplicativo



Fonte: Elaborado pelo autor

c) Tela de movimentação de entrada e saída de produtos no estoque

Nas telas de movimentação de entrada e saída, o usuário poderá incluir um novo lote de produto ou, quando retirar determinada quantidade de um produto, o sistema automaticamente subtrai aquele valor registrado do valor no estoque. Se o resultado do cálculo chegue ao valor mínimo cadastrado do produto pelo gestor um e-mail é enviado automaticamente como alerta para o mesmo e para o fornecedor daquele produto. Avisando sobre o estoque e solicitando orçamentos para os fornecedores. A figura 20 ilustra essas telas.

Figura 20 - Representação das funcionalidades das telas de movimentação de entrada e saída.



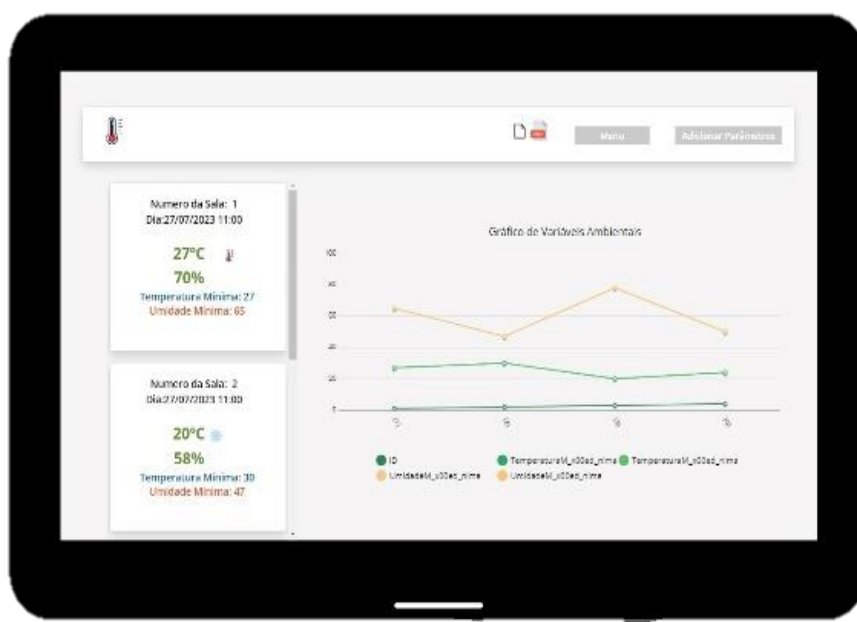
Fonte: Elaborado pelo autor

d) Tela de variáveis ambientais:

Cenário pré-Biocode:

Os parâmetros ambientais no biotério são monitorados por sensores e coletados por meio de observação e registros manual no formulário de leitura de temperatura e umidade. Os dados registrados são temperatura máxima, temperatura mínima, umidade máxima, umidade mínima, sala, horário e data. O técnico registra essas informações no formulário diariamente, duas vezes por dia e os formulários são armazenados na sala de administração do biotério. A figura 21 ilustra o formulário utilizado no biotério.

Figura 22 - Representação da tela de variáveis ambientais.

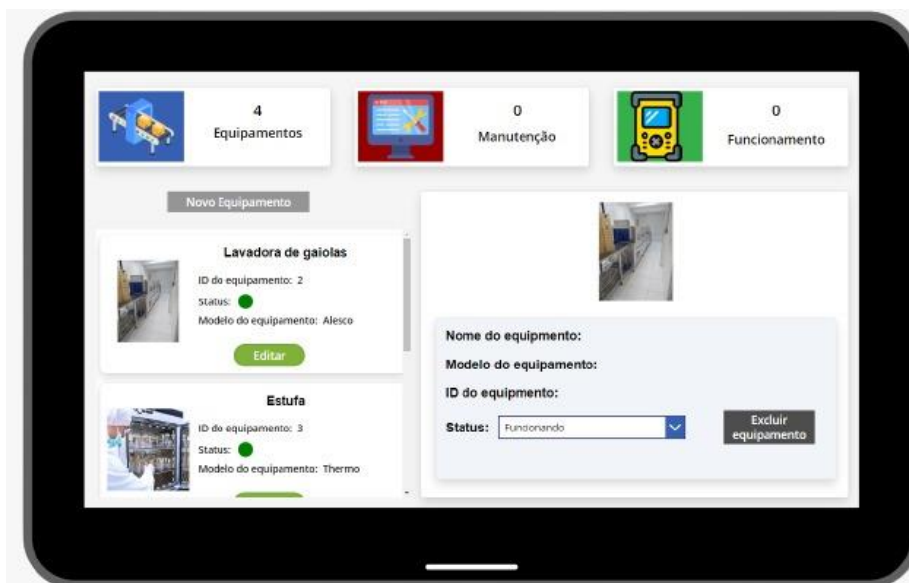


Fonte: Elaborado pelo autor

e) Tela de equipamento:

Esta tela foi construída para que os usuários possam cadastrar todos os equipamentos do biotério e incluir novos equipamentos facilmente no sistema. Também é possível editar os dados do equipamento como próximas vistorias, mudança do local, monitorar as datas de manutenção preventiva e avisar o gestor sobre essas manutenções. A figura 23 ilustra a tela de equipamentos e suas principais características.

Figura 23 - Representação da tela de equipamentos



Fonte: Elaborado pelo autor

f) Cartão de identificação de produtos:

Sempre que um novo produto é cadastrado no banco de dados, um cartão como pode ser visto na figura 24 é gerado com informações referentes a ele. O cartão apresenta o nome do produto, o lote a qual ele pertence, o código de rastreio, um qr code e o logo do sistema. Além do cartão de identificação de produtos, também é possível gerar cartões de identificação para gaiolas de animais na colônia de criação e cartões para identificação e monitoramento dos equipamentos.

Figura 24 - Exemplo de um cartão de identificação de produtos



Fonte: Elaborado pelo autor

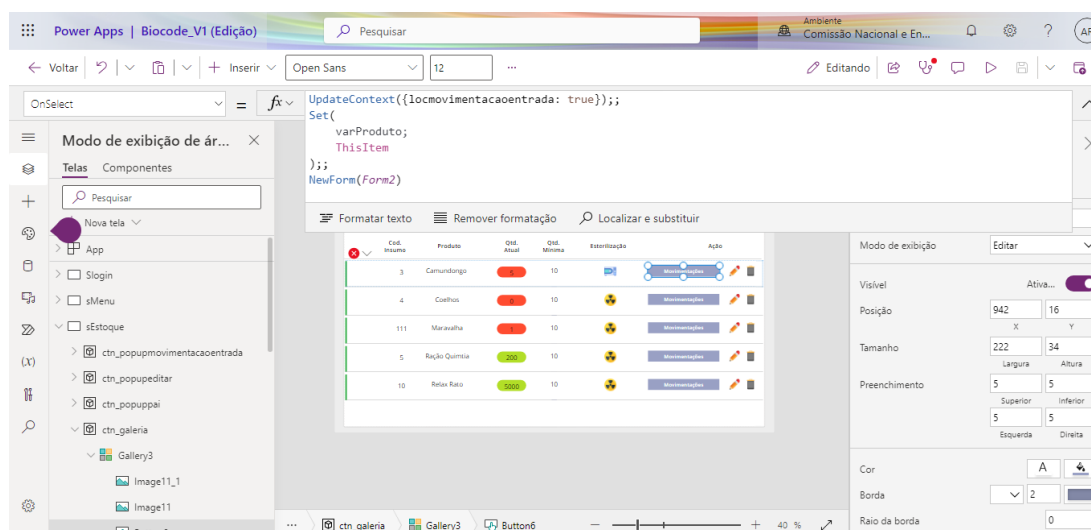
Nos testes práticos foi possível cadastrar e alterar informações genéricas sobre os diferentes setores e insumos do biotério e gerenciar estes dados no aplicativo.

Para cada propriedade dos produtos cadastrados no estoque, foram respeitadas as suas peculiaridades e especificidades como peso, unidade, lote, código, entre outras características que facilitam na identificação daquele determinado produto.

4.5 Conexão do Power Apps com outras ferramentas

Por ser uma ferramenta altamente flexível, foram estabelecidos vínculos entre o Power Apps, com os fluxos do Power Automate e com as listas de banco de dados do Sharepoint. Os objetos utilizados em tela estão diretamente conectados com os bancos de dados para que o usuário possa visualizar e editar as informações em tempo real. A figura 25 ilustra uma linha de programação que tem como função utilizar as informações que o usuário digita na tela, armazena essa informação em uma variável e insere a mesma no banco de dados evidenciando assim, a conectividade eficiente entre o Power apps com o Sharepoint.

Figura 25 - Exemplo de script que conecta um botão de ação com o banco de dados do Sharepoint



Fonte: Elaborado pelo autor

4.6 Programação das ferramentas

Ao se tratar de uma ferramenta "low-code", os códigos de programação das diversas telas e os eventos associados foram desenvolvidos com o objetivo de proporcionar uma interação intuitiva por parte do usuário com o sistema. A escolha do "low-code" foi pautada na rapidez de programação e na agilidade para realizar correções de erros e intervenções. Cada objeto de tela tem sua funcionalidade programada através de eventos específicos. Todos os comportamentos assumidos por um componente de tela são considerados eventos relacionados a esse componente. A vasta gama de funções pré-configuradas no Power Apps reduz a necessidade de extensas linhas de programação, simplificando assim a criação do sistema. Cada elemento utilizado possui sua própria lógica de funcionamento e programação, o que contribui para a eficácia na construção do sistema como um todo. A figura 26 ilustra o código referente à programação da tela de login do sistema.

Figura 26 - Código de tela de login desenvolvida no Power Apps

```
If ( // o if faz uma verificação para ver se os campos estão em branco, se for diferente
// se for diferente de branco (preenchido) ele avalia se o que o usuário digitou bate
// com a lista do Sharepoint se for igual ele acessa o sistema caso contrário ele mostra
// a mensagem de erro e reseta os campos para o usuário preencher de novo.
    !IsBlank(
        Lookup(
            Usuarios;
            Login = Txt_Login.Text And Senha = Value(Txt_Senha.Text)
        )
    );
    Navigate(Sistema);
    UpdateContext({MostrarMensagem: false});

    UpdateContext({MostrarMensagem: true});
    Reset(Txt_Login);
    Reset(Txt_Senha)
)
```

Fonte: Elaborado pelo autor

4.7 Compilação do aplicativo

Em todas as fases do desenvolvimento do sistema, foram realizadas varreduras do sistema em busca de inconsistências, erros e falhas de

programação através do buscador de erros nativos da Microsoft. Todas as ferramentas desenvolvidas foram testadas para confirmação de sua aplicabilidade.

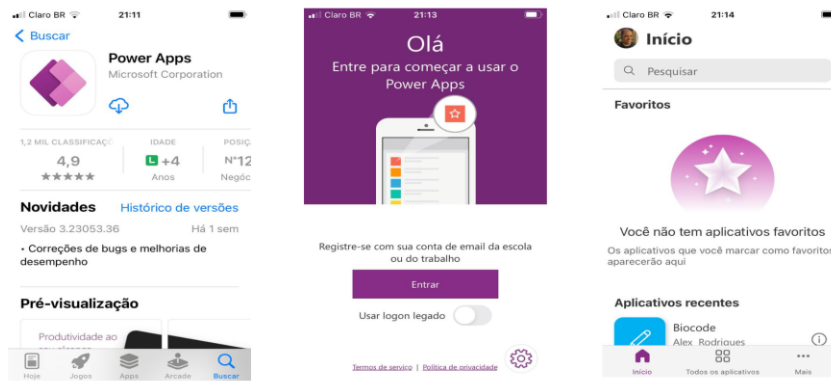
4.8 Teste de implementação

Foram realizados testes de inserção, adição, atualização e exclusão de registros do banco de dados através das ferramentas do sistema para garantir a funcionalidade de todos os módulos disponíveis. Algumas simulações do cadastramento de insumos, equipamentos, bem como a entrada de novos fornecedores, variáveis ambientais e dados zootécnicos, como nascimentos e mortes, foram realizados com a finalidade de testar o desempenho do sistema. Caso algum problema fosse encontrado pelo buscador de erros, o sistema era colocado em manutenção até a resolução do problema.

4.9 Instalação da plataforma

Por se tratar de um produto comercializado pela Microsoft, todos os aplicativos que são desenvolvidos na Power Platform não ficam em uma loja de aplicativos como o App Store ou o Play Store. Para instalar um produto final desenvolvido na Power Platform como por exemplo, o Biocode é necessário baixar o aplicativo Power Apps em uma loja de aplicativos como já mencionado App Store ou Play Store e instalar o aplicativo no celular ou tablet e com os dados de licença de usuário da Microsoft fazer o login no Power Apps e assim acessar o aplicativo que foi desenvolvido na Power Platform. A figura 27 ilustra o aplicativo Power Apps na Apple Store, a tela de login e a tela inicial do aplicativo com os aplicativos desenvolvidos.

Figura 27 - Telas do Power Apps na Apple Store



Fonte: Elaborado pelo autor

4.10 Análise e documentação dos resultados

Finalmente, realizou-se a documentação dos resultados, com o levantamento de todas as telas, bem como o fluxograma de navegação para o usuário. Com o objetivo de criar um manual de utilização da ferramenta para os usuários que estão entrando em contato pela primeira vez com o Biocode.

5 CONCLUSÕES

O presente trabalho objetivou a otimização dos processos internos do biotério Nanci do Nascimento, do Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN), de modo a reduzir algumas dificuldades na rotina dos diversos setores envolvidos na instalação, através da criação e implementação de um aplicativo inovador de gestão de dados gerados e fornecidos pelo biotério.

Em conclusão, este projeto alcançou com sucesso seus objetivos, centrados na otimização e modernização do sistema de gestão do biotério. O objetivo geral foi atingido por meio do desenvolvimento de um sistema piloto automatizado, fundamentado na linguagem “low-code”, proporcionando facilidade de uso e eficácia na melhoria dos processos de manutenção e logística da colônia de produção de animais, no controle de estoque, na melhoria no processo de gerenciamento de manutenções de equipamentos e na gestão de variáveis ambientais.

Esta solução não só atendeu às demandas específicas do biotério, mas também se destaca como uma ferramenta customizável capaz de responder às diversas necessidades de outros biotérios.

Os objetivos específicos foram meticulosamente abordados durante o desenvolvimento do sistema. O controle de estoque e insumos foi aperfeiçoado, proporcionando uma base sólida para tomada de decisões informadas, evitando gastos e perdas desnecessárias.

A rotina da colônia de produção foi otimizada com sucesso através da introdução de leitura de cartões de gaiola pelo aplicativo desenvolvido, alimentando o banco de dados e o sistema de gráficos. Isso não apenas facilitou a tomada de decisões, mas também aprimorou as avaliações gerenciais. Além disso, o processo de solicitação de orçamento de fornecedores foi automatizado, proporcionando eficiência e agilidade nessa importante etapa do gerenciamento do biotério.

Assim, este projeto atendeu, as expectativas propostas, contribuindo de maneira significativa para a modernização e eficiência operacional do biotério

Nanci do Nascimento e oferecendo uma solução valiosa e adaptável para outros biotérios enfrentarem desafios semelhantes. Este trabalho representa um avanço relevante da inovação e tecnologia na ciência de animais de laboratório, uma área carente de inovação no Brasil, na promoção do avanço científico e na garantia do bem-estar animal.

Finalmente, este projeto gerou o único sistema brasileiro informatizado para uma gestão otimizada dos biotérios existente atualmente. A partir destes resultados, surgiram diversas demandas complementares que contribuirão para a evolução do produto e incluem parcerias e colaborações interinstitucionais, modernização da linguagem de desenvolvimento do aplicativo, validação em outros biotérios e a disponibilização e comercialização do produto.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, J. T. De; SCHIAVETO DE SOUZA, A.; CONTI PEREIRA, M.; GOMES, M. B. Eficiência de protótipo de microambiente com controle sobre ventilação, temperatura e umidade, para roedores. **Multitemas**, p. 127–143, 5 out. 2020.

2.ANDRADE, A. **Animais de laboratório: criação e experimentação**. Rio de Janeiro, RJ: Editora Fiocruz, 2002.

ANDRADE, A.; PINTO, S. C.; OLIVEIRA, R. S. De. **Animais de Laboratório: criação e experimentação**. [S.l.]: Editora FIOCRUZ, 2006. Disponível em: <http://books.scielo.org/id/sfwjt>. Acesso em: 22 abr. 2023.

ANGELIS, I. D.; RICCERI, L.; VITALE, A. 1Dipartimento Ambiente e Salute, Istituto Superiore di Sanità, Rome, Italy 2Centro di Riferimento Scienze Comportamentali e Salute Mentale, Istituto Superiore di Sanità, Rome, Italy. 2023.

BAEDER, F. M. Percepção histórica da Bioética na pesquisa com animais: possibilidades.

BAHADORAN, Z.; MIRMIRAN, P.; KASHFI, K.; GHASEMI, A. Importance of Systematic Reviews and Meta-analyses of Animal Studies: Challenges

for Animal-to-Human Translation. **Journal of the American Association for Laboratory Animal Science**, v. 59, n. 5, p. 469–477, 1 set. 2020.

BERG, E. Os principais tipos de equipes nas organizações. 2023

BOCK, A. C.; FRANK, U. Low-Code Platform. **Business & Information Systems Engineering**, v. 63, n. 6, p. 733–740, dez. 2021.

BONELLA, A. E. Animais em laboratórios e a lei Arouca. **Scientiae Studia**, v. 7, n. 3, p. 507–514, 2009.

CEBALLOS, M. C.; SANT'ANNA, A. C. Evolução da ciência do bem-estar animal: Uma breve revisão sobre aspectos conceituais e metodológicos. **Revista Acadêmica Ciência Animal**, v. 16, p. 1, 28 ago. 2018.

CERVI, T. D.; CERVI, J. R. UMA DÉCADA DE LEI AROUCA: TEMOS ALGO A COMEMORAR? v. 35, n. 1, p. 17, 2019.

DE JESUS, G. C. Desenvolvimento de uma plataforma de monitoramento do ambiente via wireless para o biotério da UFOP. 2019

DE SALES, A. N. Potenciais riscos envolvidos na rotina de um biotério de experimentação. 2019.

DOKE, S. K.; DHAWALE, S. C. Alternatives to animal testing: A review. ***Saudi Pharmaceutical Journal***, v. 23, n. 3, p. 223–229, jul. 2015.

ESPAY, A. J.; LANG, A. E. Parkinson Diseases in the 2020s and Beyond: Replacing Clinico-Pathologic Convergence With Systems Biology Divergence. ***Journal of Parkinson's Disease***, v. 8, n. s1, p. S59–S64, 18 dez. 2018.

GRAHAM, M. L.; PRESCOTT, M. J. The multifactorial role of the 3Rs in shifting the harm-benefit analysis in animal models of disease. ***European Journal of Pharmacology***, v. 759, p. 19–29, jul. 2015.

GROSS, D.; TOLBA, R. H. Ethics in Animal-Based Research. ***European Surgical Research***, v. 55, n. 1–2, p. 43–57, 2015.

GUIMARÃES, M. V.; FREIRE, J. E. da C.; MENEZES, L. M. B. De. Utilização de animais em pesquisas: breve revisão da legislação no Brasil. ***Revista Bioética***, v. 24, n. 2, p. 217–224, ago. 2016.

HUBRECHT; CARTER. The 3Rs and Humane Experimental Technique: Implementing Change. ***Animals***, v. 9, n. 10, p. 754, 30 set. 2019.

HUHN, A.; VARGAS, M. A. D. O.; LORENZETTI, J.; GELBCKE, F. L.; LANÇA, L.; QUEIROZ, C. SISPRAD: SOFTWARE FOR RADIOLOGICAL PROTECTION MANAGEMENT IN A HOSPITAL ENVIRONMENT. ***Texto & Contexto - Enfermagem***, v. 30, p. e20200161, 2021.

KINTER, L. B.; DEHAVEN, R.; JOHNSON, D. K.; DEGEORGE, J. J. A Brief History of Use of Animals in Biomedical Research and Perspective on Non-Animal Alternatives. *ILAR Journal*, v. 62, n. 1–2, p. 7–16, 31 dez. 2021.

LIMA, N. F. G. C. D.; SILVA, K. S. M. D.; CASTRO, I. M. D.; KUGELMEIER, T. Information management in laboratory animal facilities for non-human primates: what we have been using in Brazil. *Biological Models Research and Technology*, v. 22, n. 1, p. e00082022, 2022.

LIRA, E. C. *Bioética e manejo de animais de laboratório*. 1. ed., [S.l.]: Atena Editora, 2022. Disponível em: <https://atenaeditora.com.br/catalogo/ebook/bioetica-e-manejo-de-animais-de-laboratorio>. Acesso em: 12 fev. 2023.

LOPES, A. S.; BRAZ, J. P. G. A BUSCA PELA CONSOLIDAÇÃO DOS DIREITOS DA PERSONALIDADE ANTES E APÓS A SEGUNDA GUERRA MUNDIAL. 2020.

MAJEROWICZ, J. PLANEJANDO BIOTÉRIOS DE ROEDORES. *São Paulo*, 2019.

NOBESCHI, L.; LOMBARDI, L. A.; RAIMUNDO, R. D. Avaliação Sistemática da Dissecção como método de ensino e aprendizagem em Anatomia Humana. *REVISTA ELETRÔNICA PESQUISEDUCA*, v. 10, n. 21, p. 420–432, 4 dez. 2018.

RUSSELL, W.; BURCH, R. *The principles of humane experimental technique*. London: Co Ltd, 1959.

SCHLOTTAU, K.; RISSMANN, M.; GRAAF, A.; SCHÖN, J.; SEHL, J.; WYLEZICH, C.; HÖPER, D.; METTENLEITER, T. C.; BALKEMA-BUSCHMANN, A.; HARDER, T.; GRUND, C.; HOFFMANN, D.; BREITHAUPT, A.; BEER, M. SARS-CoV-2 in fruit bats, ferrets, pigs, and chickens: an experimental transmission study. *The Lancet Microbe*, v. 1, n. 5, p. e218–e225, set. 2020.

SUFI, F. Algorithms in Low-Code-No-Code for Research Applications: A Practical Review. *Algorithms*, v. 16, n. 2, p. 108, 13 fev. 2023.

TAYLOR, K.; ALVAREZ, L. R. An Estimate of the Number of Animals Used for Scientific Purposes Worldwide in 2015. *Alternatives to Laboratory Animals*, v. 47, n. 5–6, p. 196–213, nov. 2019.

VASBINDER, M. A.; LOCKE, P. Introduction: Global Laws, Regulations, and Standards for Animals in Research. *ILAR Journal*, v. 57, n. 3, p. 261–265, 4 maio. 2017.

WEST, J. B. *Essays on the History of Respiratory Physiology*. [S.l.]: Springer, 2015. 349 p.

ZILBER KONTIC, S. Mecanicismo, finalidade e a teoria da preexistência dos germes em Malebranche. *DoisPontos*, v. 15, n. 1, , 18 jul. 2018.

Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/doispontos/article/view/56420>.

Acesso em: 12 fev. 2023.