



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS  
FACULDADE DE TECNOLOGIA  
SISTEMAS DE INFORMAÇÃO



**Felipe Silva do Nascimento**

**Folsomia System**  
Sistema de contagem de *Folsomia candida*

Limeira  
2021

**Felipe Silva do Nascimento**

## **Folsomia System**

Sistema de contagem de *Folsomia candida*

Monografia apresentada à Faculdade de Tecnologia da Universidade Estadual de Campinas como parte dos requisitos para obtenção do título de Bacharel em Sistemas de Informação.

**Orientador: Prof. Dr. Guilherme Palermo Coelho**

**Coorientadora: Prof. Dra. Marta Siviero Guilherme Pires**

Este exemplar corresponde à versão final da Monografia defendida por Felipe Silva do Nascimento e orientada pelo Prof. Dr. Guilherme Palermo Coelho.

**Limeira  
2021**

## **Folha de Aprovação**

Abaixo se apresentam os membros da comissão julgadora desta monografia para o Título de Bacharel em Sistemas de Informação, a que submeteu o aluno Felipe Silva do Nascimento, em 15 de janeiro de 2021 na Faculdade de Tecnologia – FT/UNICAMP, em Limeira/SP.

**Prof. Dr. Guilherme Palermo Coelho**

FT/UNICAMP - Presidente da Comissão Julgadora

**Prof. Dr. Marcos Antonio G. de Carvalho**

FT/UNICAMP

**Prof. Dr. Plínio Roberto Souza Vilela**

FT/UNICAMP

A ata da defesa, assinada pelos membros da Comissão Examinadora, consta no SIGA/Sistema de Fluxo de Trabalhos de Conclusão de Curso da Unicamp.

*“Todas as pessoas podem ser grandes porque todas podem servir. Não é preciso ter um diploma universitário para servir. Não é preciso fazer concordar o sujeito e o verbo para servir. Basta um coração cheio de graça. Uma alma gerada pelo amor.”*

(Martin Luther King)

## **Agradecimentos**

Primeiramente quero agradecer a Deus, pelo seu infinito amor e justiça, sem Ele a minha vida não teria sentido, Ele é a razão do meu viver a minha esperança.

Aos meus pais por todo o seu amor e carinho que tiveram por mim, sempre me incentivando a buscar dar o meu melhor, sendo exemplos de vida, companheiros e solícitos. Aos meus irmãos que estão sempre do meu lado me incentivando e me encorajando.

Agradecer aos meus amigos que estiveram comigo nos momentos mais difíceis da minha vida e me dando forças. Em especial queria agradecer a Vanessa Oliveira Chaves minha melhor amiga, que está sempre do meu lado.

Ao Rodrigo Luiz Ximenes funcionário da Faculdade de Tecnologia da UNICAMP e responsável pelo LABSE (Laboratório de sistemas embarcados), foi quem me ajudou com o tema do meu TCC. Além disso, fazer parte do LABSE foi uma das melhores experiências que tive no meu período de faculdade.

Agradecer aos meus colegas de trabalho e amigos Rafael Moraes de Souza e ao Jean Kleber Marrara que me deram todo o suporte técnico possível para realização desse TCC.

Ao meu orientador Prof. Dr. Guilherme Palermo Coelho e a coorientadora Prof. Dra. Marta Siviero Guilherme que me instruíram e me ajudaram no planejamento e execução desse trabalho.

À aluna de mestrado Marcela R. Martins, que me ajudou a entender o processo de contagem dos organismos *Folsomia candida* e forneceu as imagens que eu precisava para executar esse trabalho.

## Resumo

No curso de Engenharia Ambiental e no Programa de Pós-graduação em Tecnologia da Faculdade de Tecnologia da UNICAMP são realizados estudos voltados para avaliar os impactos e alterações que determinadas substâncias provocam no solo e na fauna edáfica. Parte desses estudos são realizados utilizando o *Folsomia candida*, que é um bioindicador de qualidade do solo bastante usado nesse tipo de ensaio, denominados ensaios de toxicidade, no qual é avaliado o efeito do solo contaminado na reprodução e sobrevivência desses organismos. Para realização desses ensaios, os organismos *Folsomia candida* são expostos ao solo contaminado por 28 dias, de acordo com normas padronizadas para esse tipo de ensaio. Após esse período segue-se uma etapa de contagem dos organismos *Folsomia candida*, realizada utilizando fotos tiradas na finalização dos testes, e programas como o *Paint 3D* para marcar os organismos contados, sendo um processo trabalhoso e demorado, podendo durar de 2 a 10 dias. Tendo em vista a utilização do *Folsomia candida* como um teste padrão para avaliar os impactos e alterações no solo e a dificuldade encontrada por pesquisadores para realizar o processo de contagem, neste trabalho foi criado um sistema online para automatizar, agilizar e simplificar o processo de contagem dos organismos *Folsomia candida*. O sistema, chamado **Folsomia System**, será disponibilizado para os usuários como um site na internet. O **Folsomia System** possui 3 módulos principais que são Folsomia System Web (representa a interface a qual os usuários finais terão acesso), Folsomia System API (aplicativo responsável por determinar a comunicação entre o Folsomia System Web, Folsomia System Job e o banco de dados) e o Folsomia System Job (aplicativo responsável por realizar a detecção dos organismos *Folsomia candida*). O processo de detecção dos organismos *Folsomia candida* começa com um pré-processamento na imagem, para correção de brilho e destaque dos organismos na imagem. Depois, o Folsomia System Job utiliza um classificador em cascata (uma abordagem de aprendizado de máquina em que os atributos dos dados são apresentados gradualmente a uma sequência de classificadores) para a detecção dos organismos *Folsomia candida*.

## Abstract

In the Environmental Engineering course and in the Graduate Program in Technology at the School of Technology of the University of Campinas (UNICAMP), studies are carried out to assess the impacts and changes that certain substances provoke in the soil and the edaphic fauna. Part of these studies are carried out using *Folsomia candida*, which is a bioindicator of soil quality widely used in this type of test, called toxicity tests, in which the effect of contaminated soil on the reproduction and survival of these organisms is evaluated. For this, *Folsomia candida* organisms are exposed to contaminated soil for 28 days, according to standards for this type of test. After that, a manual process to count the *Folsomia candida* organisms follows, based on photos taken at the end of the tests and support software such as *Paint 3D*, to mark the already counted organisms. This is a laborious and time-consuming process, which can last from 2 to 10 days. In view of the use of *Folsomia candida* as one of the standard methods to assess the impacts and changes in the soil and the difficulty of researchers to carry out the counting process, this work aims to create an online system that can automate, streamline, and simplify the counting process of *Folsomia candida* organisms. The system, called **Folsomia System**, will be made available to users as a website. Machine learning was used to detect *Folsomia candida* organisms in an image. **Folsomia System** has three main modules that are Folsomia System Web (represents the interface to which end users will have access), Folsomia System API (an application responsible for determining the communication between Folsomia System Web, Folsomia System Job and the database) and Folsomia System Job (an application responsible for detecting *Folsomia candida* organisms). To detect *Folsomia candida* organisms, first the image is preprocessed, to correct the brightness and to highlight only the *Folsomia candida* organisms in the image. Then, the **Folsomia System** Job uses a cascade classifier (a machine learning approach in which the attributes of the data are presented gradually to a sequence of classifiers) to detect the *Folsomia candida* organisms.

## Lista de Figuras

Figura 1.1 – Organismos da fauna edáfica <i>Folsomia candida</i> em um recipiente de plástico. Fonte: Martins, 2020. ....	13
Figura 1.2 – Recipiente com organismos <i>Folsomia candida</i> . Fonte: Martins, 2020 ..	14
Figura 2.1 - <i>Screenshot</i> da tela de construção de modelos. Fonte: disponibilizado no manual do Simoqs.....	17
Figura 2.2 - Captura de tela do software FolsomiaCounter mostrando os indivíduos <i>Folsomia candida</i> detectados automaticamente. Fonte: Retirada do site do FolsomiaCounter. ....	18
Figura 2.3 - Print do Paint 3D. Fonte: Elaborado pelo autor (2020). ....	20
Figura 2.4 - Contador manual: Fonte: Imagem retirada do site de vendas Mercado Livre. ....	20
Figura 3.1 - Caso de uso do Folsomia System. Fonte: Elaborada pelo autor (2020). ....	26
Figura 4.1 - Desenho de arquitetura da solução. Fonte: feito no Draw.io pelo autor (2020).....	28
Figura 5.1 - <i>Screenshot</i> do menu lateral da aplicação do Folsomia System. Fonte: Elaborada pelo autor (2020).....	30
Figura 5.2 - <i>Screenshot</i> da Tela do Contador de Folsomia, com informações básicas. Fonte: Elaborada pelo autor (2020).....	32
Figura 5.3 - <i>Screenshot</i> da mensagem que indica que os campos obrigatórios devem ser preenchidos. Fonte: Elaborada pelo autor (2020). ....	32
Figura 5.4 - <i>Screenshot</i> com os campos de textos preenchidos. Fonte: Elaborada pelo autor (2020).....	33
Figura 5.5 - <i>Screenshot</i> do <i>card</i> principal de contagem do Folsomia System. Fonte: Elaborada pelo autor (2020).....	33
Figura 5.6 - <i>Screenshot</i> da modal “Nova Concentração” do Folsomia System. Fonte: Elaborada pelo autor (2020).....	34
Figura 5.7 - <i>Screenshot</i> do <i>card</i> editor de imagens do Folsomia System. Fonte: Elaborada pelo autor (2020).....	35
Figura 5.8 - <i>Screenshot</i> do <i>card</i> editor de imagens do Folsomia System com aplicação de <i>crop</i> . Fonte: Elaborada pelo autor (2020).....	35
Figura 5.9 - <i>Screenshot</i> do <i>card</i> editor de imagens do Folsomia System com a edição finalizada. Fonte: Elaborada pelo autor (2020).....	36
Figura 5.10 - <i>Screenshot</i> da imagem de retorno da contagem do Folsomia System. Foi aplicado <i>zoom</i> na imagem no editor do Folsomia. Fonte: Elaborada pelo autor (2020). ....	36
Figura 5.11 - <i>Screenshot</i> da modal Nova Concentração com os valores da contagem finalizados. Fonte: Elaborada pelo autor (2020).....	37
Figura 5.12 - <i>Screenshot</i> da tela de contador de <i>Folsomia candida</i> com imagens processadas e contadas pelo Folsomia System. Fonte: Elaborada pelo autor (2020). ....	37

Figura 5.13 - <i>Screenshot</i> da mensagem de atenção do Folsomia System, indicando que o máximo de concentrações em um teste foi atingido. Fonte: Elaborada pelo autor (2020).....	38
Figura 5.14 - <i>Screenshot</i> dos <i>cards</i> pequenos que ficam na Tela Contador de Folsomia. Fonte: Elaborada pelo autor (2020). ....	38
Figura 5.15 - <i>Screenshot</i> da modal “Remover”. Fonte: Elaborada pelo autor (2020). ....	39
Figura 5.16 - <i>Screenshot</i> do ícone com engrenagem da Tela Contador de Folsomia. Fonte: Elaborada pelo autor (2020).....	39
Figura 5.17 - <i>Pop-up</i> que informa o usuário para salvar a aplicação antes de sair. Fonte: Elaborada pelo autor (2020).....	39
Figura 5.18 - <i>Screenshot</i> da “Tela Manual” do Folsomia System. Fonte: Elaborada pelo autor (2020). ....	40
Figura 5.19 - <i>Screenshot</i> da Tela Sobre do Folsomia System. Fonte: Elaborada pelo autor (2020).....	41
Figura 5.20 - <i>Screenshot</i> da tela do contador de <i>Folsomia</i> responsivo. Fonte: Elaborada pelo autor (2020).....	41
Figura 5.21 - Representação visual da Arquitetura Limpa. Fonte: alexcodetuts. ....	43
Figura 5.22 – <i>Screenshot</i> do <i>prompt</i> de comando com informações de ajuda do <i>folsomiaccount.py</i> . ....	44
Figura 5.23 - <i>Screenshot</i> do <i>prompt</i> de comando com o argumento opcional “-ir”. ...	45
Figura 5.24 – <i>Screenshot</i> do resultado da execução do Folsomia System Job. Elaborado pelo autor (2020).....	45
Figura 5.25 – Imagem de retorno processada pelo Folsomia System Job. Fonte: Elaborada pelo autor (2020).....	45
Figura 5.26 – Exemplo de correção de gama. Do lado esquerdo temos a imagem original, sem correção de gama, e do lado direito, com a aplicação de gama. Fonte: Elaborada pelo autor (2020).....	47
Figura 5.27 – Máscara de remoção de cores que não representam o <i>Folsomia Candida</i> . Fonte: Elaborado pelo autor (2020) .....	48
Figura 5.28 – Amostra com falsos negativos grifados em vermelho. Fonte: Elaborada pelo autor (2020). ....	51
Figura 5.29 – Amostra com <i>Folsomia candida</i> sendo classificados mais de uma vez. Fonte: Elaborada pelo autor (2020).....	52
Figura 5.30 - Representação das tabelas do Folsomia System. Fonte: feito no Draw.io pelo autor (2020). ....	53
Figura 5.31 - <i>Screenshot</i> da imagem de teste na pasta compartilhada antes de ser removida. O nome aleatório gerado pelo sistema está representado na parte inferior da imagem. Fonte: Elaborado pelo autor (2020). ....	54
Figura B.1 - Protótipo da Tela Contador de <i>Folsomia candida</i> . Fonte: elaborado pelo autor (2020).....	63
Figura B.2 - Protótipo da modal para inserir imagem. Fonte: elaborado pelo autor (2020). ....	63
Figura B.3 - Protótipo da modal com o resultado da contagem. Fonte: Elaborado pelo autor (2020).....	64

Figura B.4 - Protótipo do Contador do Folsomia Candida com imagens processadas. Fonte: elaborado pelo autor (2020). .....	64
Figura B.5 - Protótipo da Tela Sobre. Fonte: elaborado pelo autor (2020).....	65
Figura B.6 - Tela manual do contador. Fonte: elaborado pelo autor (2020).....	65

## Lista de Tabelas

Tabela 2.1 - Palavras-chave utilizadas nas pesquisas. Fonte: Elaborada pelo autor (2020).....	17
Tabela 2.2 - Tabela exemplo de substâncias e concentrações. Fonte: Elaborada pelo autor (2020).....	19
Tabela 5.1 - Tabela com os resultados das amostras testadas. Fonte: Elaborada pelo autor (2020).....	51
Tabela C.1 – Ícones do editor de imagens do Folsomia System. Fonte: elaborada pelo autor (2020).....	66

# Sumário

1	Introdução.....	13
2	Declaração de escopo .....	16
2.1	Sobre o Projeto .....	16
2.2	Soluções correlacionadas existentes .....	16
2.3	Processos .....	19
2.3.1	Como é realizado atualmente? (AS IS) .....	19
2.3.2	Como ficará? (TO BE) .....	21
3	Especificação Funcional .....	23
3.1	Requisitos Não Funcionais.....	23
3.2	Requisitos Funcionais .....	24
3.2.1	Diagrama de Caso de Uso (Use Case) .....	25
3.2.2	Protótipos de tela.....	26
4	Arquitetura da Solução .....	27
4.1	Desenho de arquitetura da solução .....	27
5	O Sistema .....	29
5.1	Folsomia System WEB (Angular) .....	29
5.1.1	Telas e Funcionalidades .....	30
5.1.1.1	Menu lateral .....	30
5.1.1.2	Tela “Contador de Folsomia” .....	31
5.1.1.3	Tela “Manual” .....	40
5.1.1.4	Tela “Sobre” .....	40
5.1.1.5	Design responsivo das telas .....	41
5.2	Folsomia System API (WEB API / .Net Core) .....	42
5.2.1	Arquitetura de software do Folsomia System API.....	42
5.3	Folsomia System Job (Console/Python) .....	44
5.3.1	Técnicas de detecção do <i>Folsomia candida</i> .....	45
5.3.2	Métricas e Resultados .....	49
5.4	Dados no Folsomia System .....	52
6	Considerações finais.....	55
7	Bibliografia .....	56
	Apêndice A - Descrição dos Casos de Uso.....	58
	Apêndice B - Protótipos inicial das telas .....	63
	Apêndice C - Descrição dos ícones de edição das imagens do <i>Folsomia System</i> ...	66

# 1 Introdução

A qualidade do solo pode ser avaliada utilizando testes com bioindicadores, cujas respostas são capazes de mensurar os impactos e alterações que ocorrem nesse compartimento ambiental. Micro-organismos e processos microbiológicos têm sido utilizados como indicadores sensíveis de qualidade do solo porque respondem rapidamente às alterações, que podem comprometer suas atividades (SANTOS; MAIA, 2015).

A norma ABNT NBR ISO 11267 (ABNT, 2019) apresenta uma metodologia de ensaio de toxicidade utilizada para avaliar a qualidade do solo e determinar os efeitos de contaminantes e substâncias do solo na reprodução do organismo da fauna edáfica *Folsomia candida*. O *Folsomia candida* é uma espécie de *Collembola* que pode ser encontrado em diferentes solos do mundo, e suas populações consistem apenas de fêmeas que se reproduzem por partenogênese (forma natural de reprodução assexuada). Na Figura 1.1 podemos ver um exemplo desses organismos *Folsomia candida*.

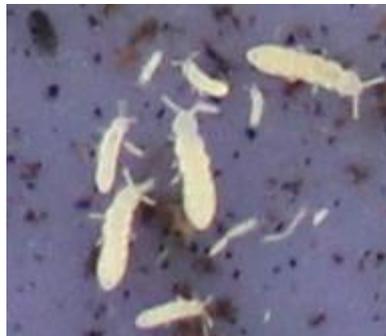


Figura 1.1 – Organismos da fauna edáfica *Folsomia candida* em um recipiente de plástico. Fonte: Martins, 2020.

No curso de Engenharia Ambiental e no Programa de Pós-graduação em Tecnologia da Faculdade de Tecnologia da UNICAMP são realizados estudos voltados para avaliar os impactos e alterações que ocorrem no solo causado por diferentes contaminantes. Parte desses estudos são realizados utilizando o *Folsomia candida* como bioindicador de qualidade do solo, em testes de toxicidade que avaliam

os impactos desses contaminantes na reprodução e sobrevivência desses organismos.

De acordo com o procedimento do teste, inicialmente 30 g de solo já contendo o composto a ser testado é colocado em recipiente plástico, e então são inseridos 10 organismos *Folsomia candida*. O período de duração do teste é de 28 dias, de acordo com a Norma ABNT NBR ISO 11267 (ABNT, 2019). A Figura 1.2 apresenta um exemplo de um teste já finalizado, em que os pontos brancos que estão dentro do recipiente são os organismos *Folsomia candida* que serão contados para avaliação do efeito do contaminante na sua reprodução. Para uma análise do efeito de uma substância no solo são preparadas 5 diferentes concentrações dessa substância além do grupo controle, ou seja, solo sem adição do contaminante. A contagem dos organismos é feita utilizando fotografias tiradas com câmera profissional (Canon EOS Rebel T7), e contagem é realizada manualmente com o auxílio do programa *Paint 3D* para marcar os organismos contados. O processo é demorado porque pode haver número grande de organismos, principalmente no grupo controle (sem contaminação), chegando algumas vezes a atingir de 600 a 700 organismos por recipiente. Todas as concentrações são avaliadas em triplicata.



Figura 1.2 – Recipiente com organismos *Folsomia candida*. Fonte: Martins, 2020

Tendo em vista a utilização do *Folsomia candida* como um teste padronizado para avaliar o efeito de contaminantes e os impactos e alterações no solo e a dificuldade encontrada por pesquisadores para realizar o processo de contagem, este

trabalho visa criar um sistema online que possa automatizar, agilizar e simplificar o processo de contagem dos organismos *Folsomia candida*. O sistema, que se chamará **Folsomia System**, será disponibilizado como um site na internet e, além de realizar o processo de contagem, também possuirá um editor de imagens, que será utilizado para restringir a área de que se deseja testar. Este editor de imagens permitirá a realização de cortes de imagem, mantendo apenas a área em que se deseja calcular a quantidade de *Folsomia candida*, e eliminando o máximo de sujeira e ruído da imagem. Além disso, o usuário poderá salvar o teste que está sendo realizado para continuar o processo posteriormente.

## 2 Declaração de escopo

Nesse capítulo serão definidas as expectativas em relação ao produto e levantadas as suas características. Também serão apresentadas informações sobre o projeto que incluem o objetivo, público-alvo, processos (como é atualmente e como o sistema ficará) e soluções correlacionadas ao novo sistema proposto.

### 2.1 Sobre o Projeto

O objetivo deste trabalho é criar um sistema que possa automatizar, agilizar e simplificar o processo de contagem dos organismos da fauna edáfica *Folsomia candida*, que se dá a partir de imagens de testes de solo que contenham o *Folsomia candida* (geralmente relacionadas a testes que estão em um recipiente de vidro ou de plástico). O sistema receberá as imagens disponibilizadas pelo usuário e retornará o resultado das contagens.

O público-alvo do trabalho são os docentes e discentes do curso de Engenharia Ambiental ou cursos relacionados.

### 2.2 Soluções correlacionadas existentes

Foram realizadas buscas em diferentes bases de dados por sistemas relacionados ao tema do projeto. As pesquisas foram realizadas com termos em português e inglês (Tabela 2.1). As ferramentas de busca utilizadas foram: Google Acadêmico<sup>1</sup>, Google Patentes<sup>2</sup>, Instituto Nacional de Propriedade Industrial (INPI)<sup>3</sup> e pela Biblioteca Digital da UNICAMP<sup>4</sup>.

---

<sup>1</sup> <https://scholar.google.com.br>

<sup>2</sup> <https://patents.google.com>

<sup>3</sup> <https://gru.inpi.gov.br>

<sup>4</sup> <http://www.bibliotecadigital.unicamp.br>

Tabela 2.1 - Palavras-chave utilizadas nas pesquisas. Fonte: Elaborada pelo autor (2020).

Português	Inglês
Sistema de qualidade de solos	Soil Quality System
Processamento de imagem com <b>Folsomia candida</b>	<i>Folsomia candida</i> Image Processing
Sistema <b>Folsomia</b>	<i>Folsomia</i> System
<b>Folsomia</b> candida	<i>Folsomia candida</i>
Qualidade de solo e <b>Folsomia candida</b>	Soil Quality and <i>Folsomia candida</i>
Contador de <b>Folsomia</b>	<i>Folsomia</i> counter

O primeiro software encontrado foi o Simoqs<sup>5</sup> (Sistema de Monitoramento da Qualidade do Solo), uma ferramenta desenvolvida na Universidade Federal de Viçosa que permite a realização de testes para cálculo de índice de qualidade de solos. Os testes são realizados sobre modelos que podem ser ajustados e decompostos em diferentes indicadores que mais se aproximam da realidade e que são relevantes para o cálculo da qualidade do solo. Na Figura 2.1 podemos observar a interface do Simoqs para criação de modelos.



Figura 2.1 - Screenshot da tela de construção de modelos. Fonte: disponibilizado no manual do Simoqs<sup>5</sup>.

<sup>5</sup> <http://www.dpi.ufv.br/~vladimir/simoqs/index.htm>

O sistema Simoqs não contempla a contagem de micro-organismos/organismos bioindicadores de qualidade do solo, apenas calcula a qualidade do solo baseado em modelos e indicadores criados por usuários que detêm o conhecimento sobre o solo.

O segundo sistema encontrado foi o FolsomiaCounter<sup>6</sup> desenvolvido pela visionalytics<sup>7</sup>, que é um sistema que facilita a avaliação de testes de ecotoxicologia de solo baseados na reprodução de *Folsomia candida*. Por seu alto grau de automação (detecção automática de vasos, contagem individual automática e medição automática do comprimento do corpo de *Folsomia candida*), o esforço de avaliação manual é reduzido da contagem manual de indivíduos para a simples inspeção visual dos resultados (como pode ser visto na Figura 2.2).

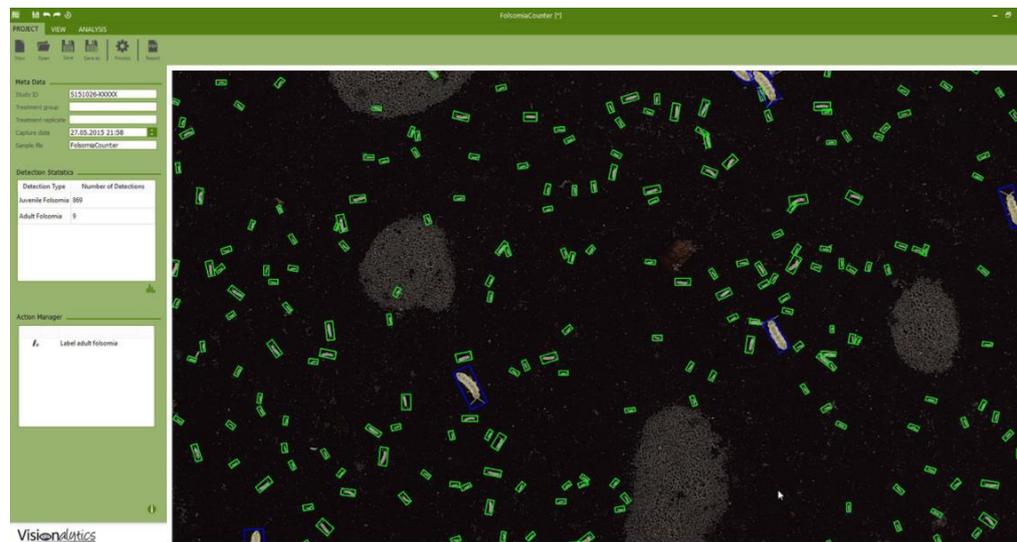


Figura 2.2 - Captura de tela do software FolsomiaCounter mostrando os indivíduos *Folsomia candida* detectados automaticamente. Fonte: Retirada do site do FolsomiaCounter.

O FolsomiaCounter possui recursos de exportação de dados (para os formatos PDF, JSON e CSV), o que permite análises adicionais em software de estatística externos (como SPSS, SAS ou MS Excel), além de fornecer relatórios prontos para controle de qualidade. Não foram encontradas informações sobre o valor do software e o sistema está disponível apenas para Windows e Linux.

<sup>6</sup> <https://folsomiacounter.visionalytics.de/>

<sup>7</sup> <https://www.visionalytics.de/index.php?id=0>

O diferencial do sistema proposto neste trabalho, em relação às aplicações existentes, está no fado de ser uma aplicação gratuita, disponibilizada online e que pode ser usufruída livremente pela comunidade acadêmica.

## 2.3 Processos

Nessa seção serão apresentados o processo manual de contagem do *Folsomia candida*, a partir de uma imagem de teste, e como esse processo ficará no sistema proposto.

### 2.3.1 Como é realizado atualmente?

O processo de contagem e classificação dos solos utilizando o *Folsomia candida* é realizado da seguinte forma:

- Primeiro são preparados o solo com a substância que se deseja testar.
- O teste de uma substância é realizado em 5 concentrações mais controle (solo sem contaminação) (vide exemplo na Tabela 2.2, dados meramente ilustrativos fornecidos pela Profa. Marta Siviero Guilherme Pires).

Tabela 2.2 - Tabela exemplo de substâncias e concentrações. Fonte: Elaborada pelo autor (2020).

Substância	Concentrações em g/kg
<b>Lodo de esgoto</b>	0,5
	1,5
	5,0
	15,0
	50,0
	150,0

- Após o preparo do solo e da substância que se deseja testar, 10 organismos (*Folsomia candida*) são inseridos no solo;
- A cada 7 dias o teste é alimentado com fermento químico em pó.
- Em 28 dias contados a partir da data da montagem, o teste é finalizado e são tiradas as fotos do recipiente em que se encontra o solo preparado (com a substância que se deseja testar) e que contém os organismos *Folsomia candida*. As fotos são usadas na contagem do efeito da substância na reprodução e sobrevivência do *Folsomia candida*.

- A contagem é realizada com o auxílio de duas ferramentas: um contador manual e um software de criação e edição de imagens (Paint 3D). Com o Paint 3D o usuário escolhe um marcador de sua preferência e manualmente vai indicando pontos que representam o *Folsomia candida* na imagem (Figura 2.3) e com a outra mão vai apertando o contador (Figura 2.4).

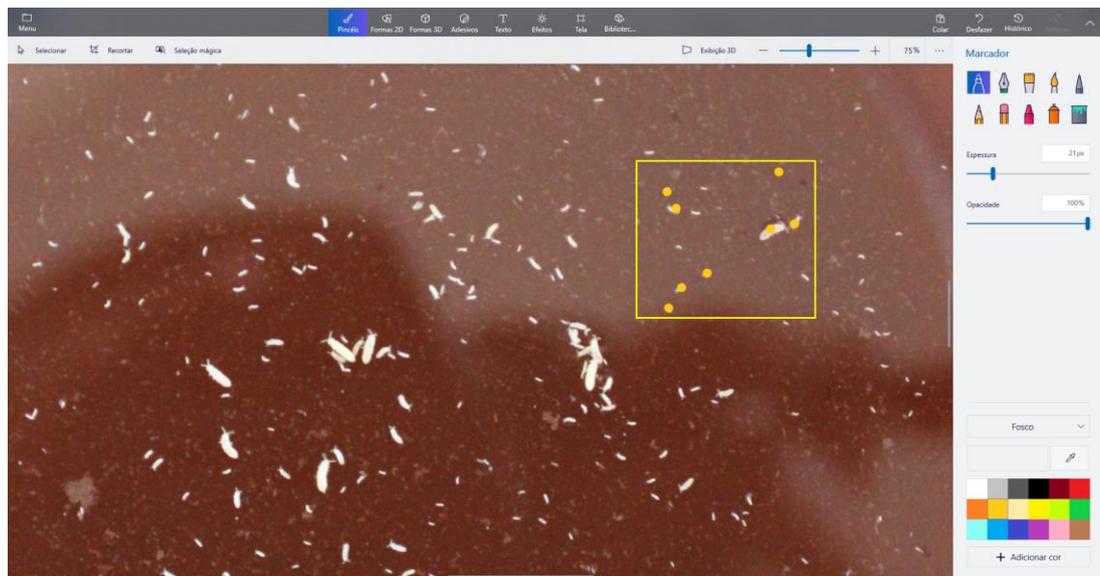


Figura 2.3 - Print do Paint 3D. Fonte: Elaborado pelo autor (2020).



Figura 2.4 - Contador manual: Fonte: Imagem retirada do site de vendas Mercado Livre.

Os problemas em realizar o processo da forma descrita são:

- A contagem é realizada manualmente; e
- O tempo para se realizar o processo de contagem é de 2 a 10 dias.

### 2.3.2 O sistema proposto

Será desenvolvido um sistema *web* que possa realizar a contagem dos organismos automaticamente e apresentar para o usuário o resultado dessa contagem. O nome dado a aplicação será **Folsomia System**.

No **Folsomia System** um “teste” representará o conjunto de diferentes concentrações da substância que está sendo utilizada nos solos preparados (em g/kg ou outra unidade de medida) e que contêm os organismos *Folsomia candida*. Para um teste o usuário poderá inserir  $N$  concentrações (o número máximo de concentrações poderá ser alterado pelo administrador do sistema, que deve possuir acesso ao servidor da aplicação). Para cada concentração o usuário irá inserir a imagem (vide exemplo Figura 1.2) dos organismos *Folsomia candida* relacionada ao valor daquela concentração aplicada no solo.

Para realizar o processo de contagem o usuário primeiro irá indicar qual o valor de concentração da substância aplicada e depois irá inserir a imagem do recipiente com o solo e os organismos *Folsomia candida*.

Após realizar a inserção da imagem no sistema o usuário poderá editar a imagem, rotacionar ou realizar *crop* (corte da imagem). A edição da imagem é necessária caso a imagem testada possua excesso de bordas que não representam o recipiente a ser testado. Essas bordas poderão prejudicar o resultado da contagem, por isso a necessidade de se restringir a análise apenas à área que se deseja testar.

Ao finalizar a edição o sistema salvará a imagem em uma pasta compartilhada e executará o processo de contagem do *Folsomia candida* na imagem. Após realizado o processo de contagem o sistema retorna para o usuário o valor total e a imagem processada com os indivíduos encontrados circutados.

Todos os testes realizados pelo usuário poderão ser salvos e, posteriormente, reabertos no sistema. O formato de arquivo terá a extensão “.folsys”, que é uma abreviação do nome do sistema. O formato foi criado para facilitar a identificação do arquivo gerado no sistema para o usuário.

As premissas e restrições que o **Folsomia System** terá são as seguintes:

- O acesso será através da rede interna ou externa da FT.
- O sistema deverá realizar o expurgo das imagens para não sobrecarregar o servidor do sistema.

Já os benefícios gerados pelo **Folsomia System** são:

- Automatização do processo de contagem;
- Redução do tempo de realização do processo de contagem.

## 3 Especificação Funcional

Segundo Pressman (2006) uma especificação pode ser um documento escrito, protótipos, modelos gráficos ou matemáticos, ou o conjunto de todos esses documentos. A especificação é um documento que servirá para as demais atividades de engenharia de *software* e pode conter informações sobre o que o sistema deve fazer e as possíveis restrições que o sistema terá (PRESSMAN, 2006).

Este capítulo contém os requisitos não funcionais e funcionais do sistema proposto e apresenta alguns protótipos de tela. Os requisitos funcionais descrevem funcionalidade ou serviços que sistemas realizam de forma que beneficie os usuários (PAULA FILHO, 2000). Já os requisitos não funcionais estão relacionados à aplicação em termos de segurança, disponibilidade, usabilidade e confiança, entre outros (PAULA FILHO, 2000).

### 3.1 Requisitos Não Funcionais

Para identificar os requisitos não funcionais do sistema, foi utilizada a abreviação RNF (requisito não funcional) seguida de um valor numérico. Os requisitos não funcionais levantados, foram:

**[RNF01]:** O processo de contagem deverá ser realizado em menos de 1 minuto.

**[RNF02]:** A interface deverá ser responsiva, ou seja, as telas deverão se adaptar de acordo com a resolução de tela que está sendo visualizada pelo usuário.

**[RNF03]:** Para impedir que haja SQL *injection* (técnicas de ataque que se baseiam na manipulação do código SQL (DEVMEDIA, 2007)) por parte dos usuários, todos os parâmetros de inserção ou atualização de banco não devem estar na *string* de *query* do banco.

**[RNF04]:** Para alterar configurações da aplicação **Folsomia System** o usuário administrador só poderá realizar tendo acesso ao servidor onde se encontra a aplicação.

[RNF05]: As imagens utilizadas para realização da contagem pelos usuários não deverão ficar salvas no servidor da aplicação.

## 3.2 Requisitos Funcionais

Para identificar os requisitos funcionais do sistema, foi utilizada a abreviação RF (requisito funcional) seguida de um valor numérico. Além desses requisitos listados, foi realizado um Diagrama de Caso de Uso (*Use Case*) para definir e organizar os requisitos funcionais do sistema. Os requisitos funcionais levantados foram:

[RF01]: O sistema deverá conter *logs* de auditoria (que representam a sequência cronológica de entradas realizadas pelo usuário no sistema).

[RF02]: O número máximo de concentrações por teste deverá ser limitado pelo usuário Administrador da aplicação.

[RF03]: O sistema terá uma tela com informações sobre como utilizar a aplicação **Folsomia System**.

[RF04]: A tela de contagem do *Folsomia candida* deverá possuir um editor de imagens que permita ao usuário realizar *crop* (cortes), rotacionar e realizar zoom na imagem.

[RF05]: O sistema possuirá uma tela que proverá informações sobre o **Folsomia System**.

[RF06]: O sistema deverá permitir que o usuário possa salvar em sua máquina pessoal o teste que ele está realizando.

[RF07]: O sistema deverá permitir que usuário acesse novamente o teste que foi salvo anteriormente.

[RF08]: Ao tentar sair da tela de contagem do *Folsomia candida* o sistema deverá enviar uma mensagem de *pop-up* (tipo de janela secundária que se abre no navegador), informando ao usuário para salvar as informações antes de sair da página.

### 3.2.1 Diagrama de Caso de Uso (Use Case)

Os Diagramas de Caso de Uso são desenvolvidos para demonstrar as diferentes maneiras que os atores externos (usuários e outros sistemas) podem interagir com o sistema (SOMMERVILLE, 2011). Os casos de uso representam tarefas que envolvem as interações externas com o sistema e são representados como uma elipse, já os atores podem ser representados por um homem-palito (SOMMERVILLE, 2011).

Para a realização do Diagrama de Caso de Uso foi utilizado a ferramenta draw.io<sup>8</sup> que é um software de diagrama on-line gratuito para criar fluxogramas, diagramas de processo, organogramas, UML, ER (Entidade e Relacionamento), diagramas de rede e entre outros.

A Figura 3.1 mostra o Diagrama de Caso de Uso do **Folsomia System**. Possui 7 casos de uso que são identificados com a abreviação UC (*Use Case*) seguido de um valor numérico. Possui dois atores que são o *usuário padrão* (aquele que terá acesso à tela do processo de contagem, tela de manual e tela de informações sobre o sistema) e o *usuário administrador*, que além de ter todos os acessos que o perfil padrão tem, terá acesso a outras funções de configuração do sistema.

A descrição detalhada dos casos de uso pode ser encontrada no Apêndice A desse documento. No entanto, vale destacar o caso de uso “Contar Folsomia”, que tem como objetivo representar o módulo de contagem do sistema. Nele o usuário poderá realizar *upload* das imagens que deseja processar para realizar a contagem. Essa operação pode ser realizada *N* vezes (quantidade definida pelo usuário administrador), para *N* concentrações diferentes da substância em estudo. Além disso, o usuário poderá exportar/salvar os testes realizados e importar/abrir os testes salvos.

---

<sup>8</sup> <https://www.draw.io/>

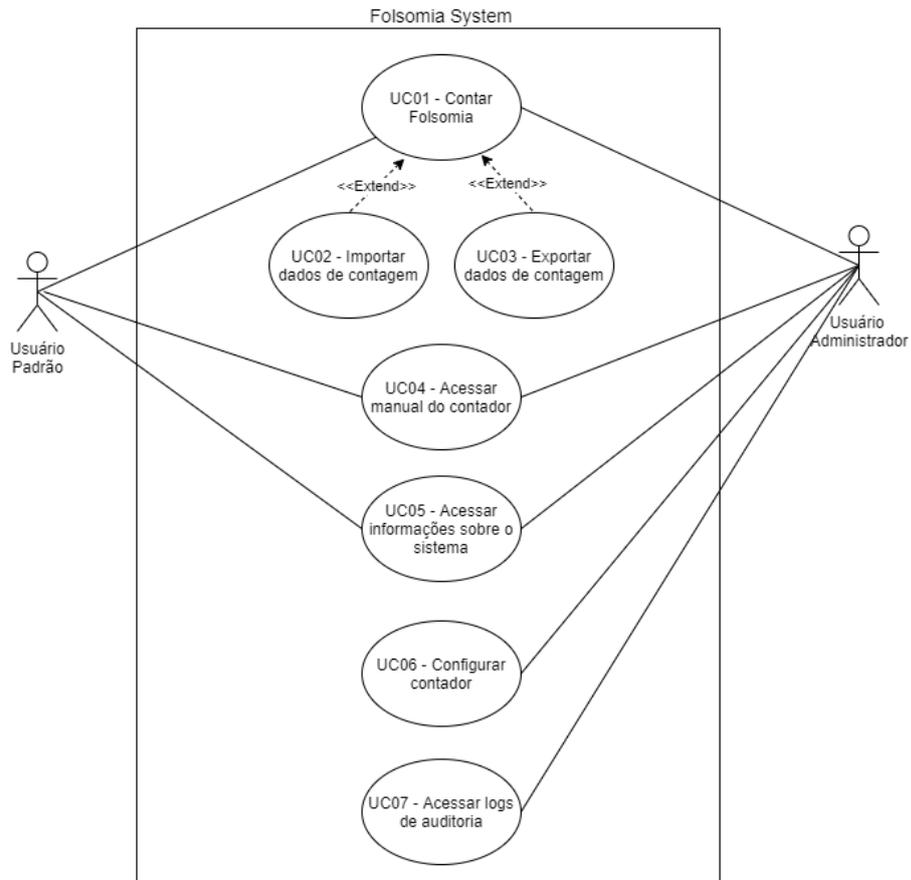


Figura 3.1 - Caso de uso do Folsomia System. Fonte: Elaborada pelo autor (2020).

### 3.2.2 Protótipos de tela

O Pencil<sup>9</sup> é uma ferramenta de protótipo de GUI de código aberto e gratuita que as pessoas podem instalar e usar com facilidade para criar modelos em plataformas populares de desktop ou mobile. Esta ferramenta foi utilizada para a elaboração dos protótipos de telas iniciais do **Folsomia System**.

Todos os protótipos criados com o Pencil<sup>8</sup> podem ser encontrados no Apêndice B desse documento.

<sup>9</sup> <https://pencil.evolus.vn/>

## 4 Arquitetura da Solução

Lewis (2014) descreve que arquitetura de micro serviços (em inglês *Microservice Architecture*) é uma abordagem para desenvolver um aplicativo com o conjunto de pequenos serviços, cada um desses serviços executando seu próprio processo e se comunicando com mecanismos leves, que geralmente podem ser uma API (*Application Programming Interface* que significa em tradução livre para o português *Interface de Programação de Aplicativos*).

A arquitetura de micro serviços busca superar as limitações que aplicações monolíticas (todo o código é centralizado em um único bloco) possuem como: sistema todo acoplado, dificuldade para implementar novos serviços, se a aplicação falhar em uma parte impedirá que todo o sistema funcione, custos com manutenção são maiores, entre outros problemas (LEWIS, 2014).

Nesse capítulo será apresentado um desenho da arquitetura de solução **Folsomia System** e uma breve descrição das camadas que esse desenho possui. A arquitetura da solução foi desenhada pensando em tornar o **Folsomia System** um *software* escalável (capacidade de expansão que o sistema possui) e flexível (flexibilidade para reagir a possíveis mudanças) tendo em vista a arquitetura de micro serviços.

### 4.1 Desenho de arquitetura da solução

Os aplicativos são geralmente construídos em três partes principais que são: uma interface do usuário (páginas de *html* e *javascript* executados em um navegador), um aplicativo do lado do servidor que manipula solicitações HTTP e uma parte de dados (LEWIS, 2014).

O desenho da arquitetura da solução **Folsomia System** possui 4 camadas, representadas na Figura 4.1. Cada camada possui um ou mais módulos (micro serviços da aplicação) que são representados pelas caixinhas vermelhas conforme Figura 4.1.

## Folsomia System

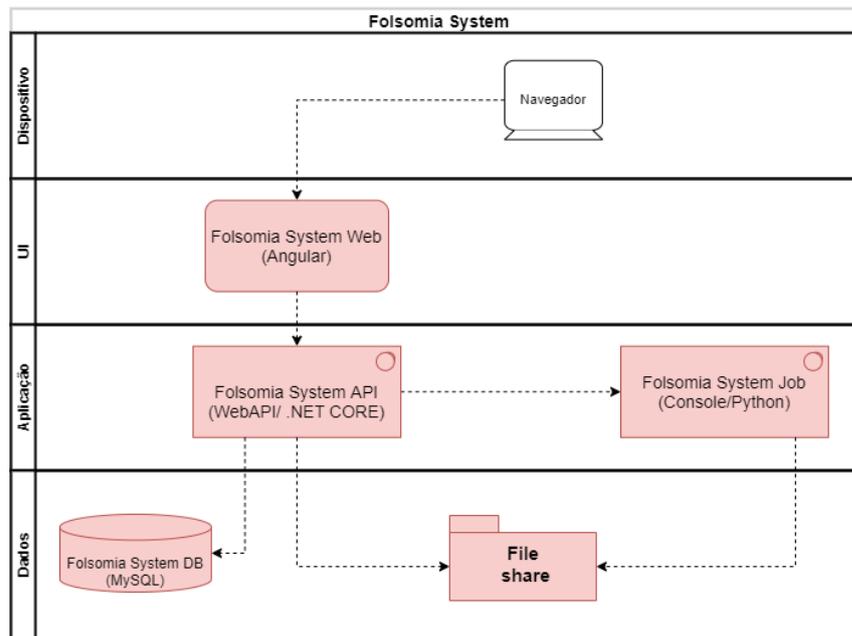


Figura 4.1 - Desenho de arquitetura da solução. Fonte: feito no Draw.io pelo autor (2020).

A camada de dispositivos representa em quais dispositivos o sistema deve funcionar. O **Folsomia System**, deverá funcionar igualmente nos seguintes navegadores: Google Chrome, Safari, Mozilla Firefox e Microsoft Edge.

A camada de UI (*User Interface* – ou interface com o usuário), representa a interface a qual os usuários finais terão acesso, possui o módulo Folsomia System Web que se trata da representação de tela (*front-end*) do **Folsomia System**.

A camada de aplicação representa o *back-end* do **Folsomia System** e possui dois módulos que são: Folsomia System API (aplicativo responsável por determinar a comunicação entre o Folsomia System Web, Folsomia System Job e o banco de dados) e Folsomia System Job (aplicativo responsável por realizar a detecção dos organismos *Folsomia candida*).

A camada de dados representa os dados armazenados do sistema. Ela possui os seguintes módulos: Folsomia System DB e *File Share* (pasta compartilhada). No Folsomia System DB (*database*) é o banco de dados onde serão salvos os dados de configuração da aplicação e os *logs* de auditoria, já a pasta compartilhada será utilizada para armazenar a imagem que será realizado a contagem e quando o sistema retornar para o usuário o resultado da contagem o sistema irá remover a imagem.

## 5 O Sistema

Nesse capítulo é apresentado o **Folsomia System**. Os tópicos a seguir referem-se aos módulos (micro serviços) do sistema desenvolvido. Este capítulo foi dividido em 4 partes: Folsomia System WEB (Angular), Folsomia System API (WEB API / .Net Core), Folsomia System Job (Python) e Dados.

A IDE (do inglês *Integrated Development Environment* ou Ambiente de Desenvolvimento Integrado) utilizado para construção do **Folsomia System** foi o Visual Studio Code<sup>10</sup>. O Visual Studio Code (VS code) é um editor de código-fonte desenvolvido pela Microsoft para Windows, Linux e macOS. Existem diversas vantagens de se utilizar o VS code para edição do código, entre elas podemos citar: é uma ferramenta de código aberto, gratuita, leve, tem suporte para depuração, possui controle de git incorporado, realce de sintaxe de diferentes linguagens, complementação inteligente de código, refatoração de código e possui mais de 14.000 extensões que permitem melhorar a ferramenta e integrá-la com outros serviços.

O código fonte da aplicação desenvolvida neste trabalho pode ser encontrado no Github<sup>11</sup> (plataforma de hospedagem de código fonte e controle de versionamento utilizando o git<sup>12</sup>) o nome da aplicação no repositório do Github é FolsomiaSystem<sup>13</sup>.

### 5.1 Folsomia System WEB (Angular)

O Folsomia System Web foi desenvolvido em Angular<sup>14</sup> que é uma plataforma de aplicações web *front-end* baseado em *TypeScript* criada pelo Google. As vantagens de se utilizar essa plataforma são: produtividade (desenvolver nele requer menos codificação), fácil manuseio, criação de *frameworks* (posso criar o meu próprio *framework* a partir dele) e a simplicidade de realização de testes unitários.

---

<sup>10</sup> <https://code.visualstudio.com/>

<sup>11</sup> <https://github.com/>

<sup>12</sup> <https://git-scm.com/>

<sup>13</sup> <https://github.com/felipefsn-07/FolsomiaSystem>

<sup>14</sup> <https://angular.io/>

Para a construção do Folsomia System Web foi utilizado o modelo gratuito “Able Pro Angular 9 Free Admin Dashboard<sup>15</sup>”, esse modelo vem com vários componentes como alertas, botões, emblemas, percurso, paginação, cartões, carrossel, progresso, *modal*, *spinner*, tabelas entre outros. Esses componentes auxiliaram no desenvolvimento mais ágil do **Folsomia System**. Para realizar o *crop* (corte), rotação e zoom da imagem foi utilizado a biblioteca *cropperjs*<sup>16</sup>.

### 5.1.1 Telas e Funcionalidades

Essa seção apresenta as telas do Folsomia System Web e uma breve descrição de cada uma de suas funcionalidades. Além das telas, também são descritos alguns campos de entradas e as saídas do sistema e demonstração da tela do contador responsivo.

#### 5.1.1.1 Menu lateral

O **Folsomia System** dispõe de um menu lateral, exibido do lado esquerdo de todas as telas da aplicação. No menu é possível acessar as 3 telas do sistema que são: **Contador de Folsomia**, **Manual** e a **Sobre**.

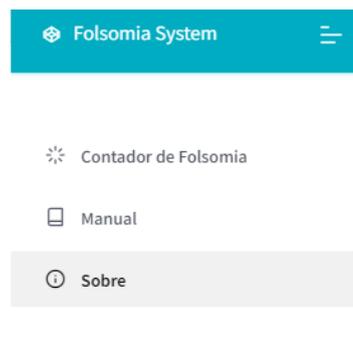


Figura 5.1 - *Screenshot* do menu lateral da aplicação do Folsomia System. Fonte: Elaborada pelo autor (2020).

<sup>15</sup> <https://github.com/phoenixcoded/able-pro-free-angular-admin-template>

<sup>16</sup> <https://fengyuanchen.github.io/cropperjs/>

### 5.1.1.2 Tela “Contador de Folsomia”

A **Tela Contador de Folsomia** é a tela principal do sistema (Figura 5.2). Nela o usuário poderá realizar o *upload* de imagens, editar as imagens, processar as imagens para realizar a contagem, inserir informações sobre o teste, salvar o teste realizado e abrir os testes salvos previamente.

Primeiro é solicitado para o usuário a inserção das informações básicas do teste, como pode ser visto na Figura 5.2. Essas informações incluem os seguintes campos:

- **Título do teste** – campo de texto utilizado para identificar o teste que está sendo realizado. É obrigatório preencher esse campo para prosseguir com o teste.
- **Substância** – campo de texto que representa a substância que o usuário está utilizando para analisar a reprodução do *Folsomia candida*. É obrigatório preencher esse campo para prosseguir com o teste. Foi utilizado um campo de texto livre aqui pois o usuário pode realizar a contagem em imagens de experimentos realizados tanto com substâncias específicas aplicadas ao solo quanto com conjuntos de diferentes substâncias.
- **Descrição** – representa uma breve descrição do teste a ser realizado. Esse campo não é obrigatório.

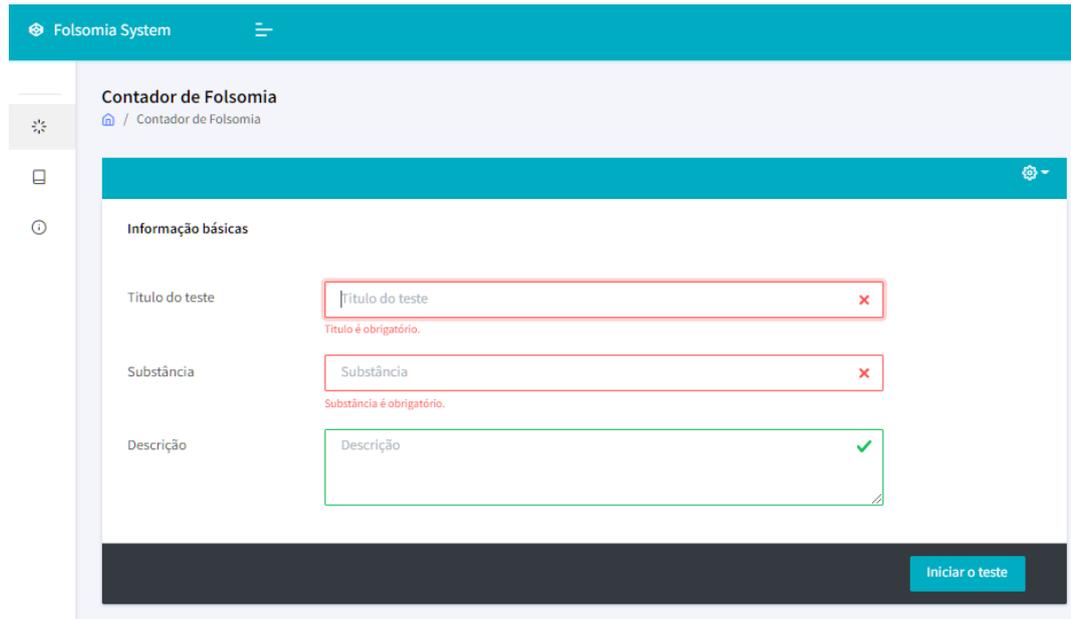


Figura 5.2 - *Screenshot* da Tela do Contador de Folsomia, com informações básicas. Fonte: Elaborada pelo autor (2020).

Caso o usuário clique em “Iniciar o teste” (botão que fica do lado inferior direito – Figura 5.2) sem preencher os campos de texto obrigatórios, será apresentado para ele no lado superior direito da tela uma mensagem indicando que devem ser preenchidos os campos obrigatórios, como pode ser visto na Figura 5.3.

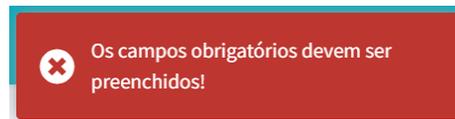


Figura 5.3 - *Screenshot* da mensagem que indica que os campos obrigatórios devem ser preenchidos. Fonte: Elaborada pelo autor (2020).

Assim que o usuário começa a preencher os campos de texto obrigatórios, esses campos ficam com o contorno verde, indicando que aquele campo foi preenchido e o teste de contagem pode prosseguir (Figura 5.4).

Título do teste	Teste 1	✓
Substância	Lodo de esgoto	✓
Descrição	Teste	✓

Figura 5.4 - *Screenshot* com os campos de textos preenchidos. Fonte: Elaborada pelo autor (2020).

Assim que o usuário finaliza a inserção das informações básicas do teste de contagem e clica no botão “Iniciar o teste”, o *card* (contêiner de conteúdo que pode conter textos, fotos, entre outros) das informações básicas é ocultado e aparece para o usuário o *card* que conterá os testes de contagem realizados pelo usuário. No lado superior esquerdo desse *card* é exibido o título do teste inserido anteriormente pelo usuário e no lado inferior esquerdo a substância do teste. Assim que o usuário for inserindo as imagens, o valor da média no lado inferior direito será atualizado (Figura 5.5).



Figura 5.5 - *Screenshot* do *card* principal de contagem do Folsomia System. Fonte: Elaborada pelo autor (2020).

O botão com um “+” no lado superior direito da Figura 5.5 é responsável por abrir a modal (janela secundária à tela principal, também conhecida como caixa de diálogo) responsável por adicionar uma nova concentração (Figura 5.6). A modal “Nova Concentração” possui os seguintes campos:

- **Valor da concentração** – campo de texto usado para inserir o valor da concentração da substância utilizada no teste com o *Folsomia candida* (ex.: 1,5). Como o campo é de texto livre, a unidade de medida pode ser qualquer uma que o usuário queira.
- **Inserção da imagem** - para inserir a imagem é apresentado um link com o texto “Inserir imagem de teste...” que fica centralizado no *card* preto na Figura

5.6. Assim que o usuário clicar o sistema abrirá o explorador de arquivos e o usuário poderá escolher a imagem em que deseja realizar a contagem.

- **Rótulo Concentração** – esse rótulo contém o valor inserido pelo usuário no campo de texto “Valor da concentração”.
- **Rótulo Total** - esse rótulo apresenta o total da contagem de *Folsomia candida* realizada pelo sistema.

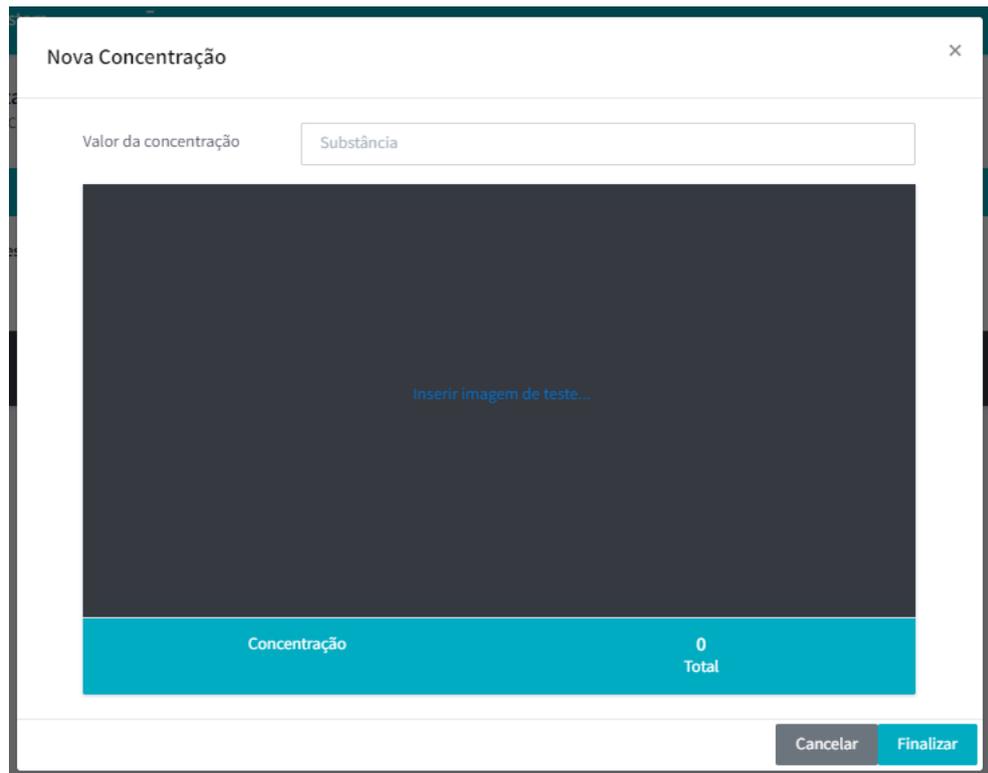


Figura 5.6 - *Screenshot* da modal “Nova Concentração” do Folsomia System. Fonte: Elaborada pelo autor (2020).

Assim que é inserida a imagem, o *link* “Inserir imagem de teste...” é ocultado e aparece o editor de imagens do **Folsomia System** (Figura 5.7).

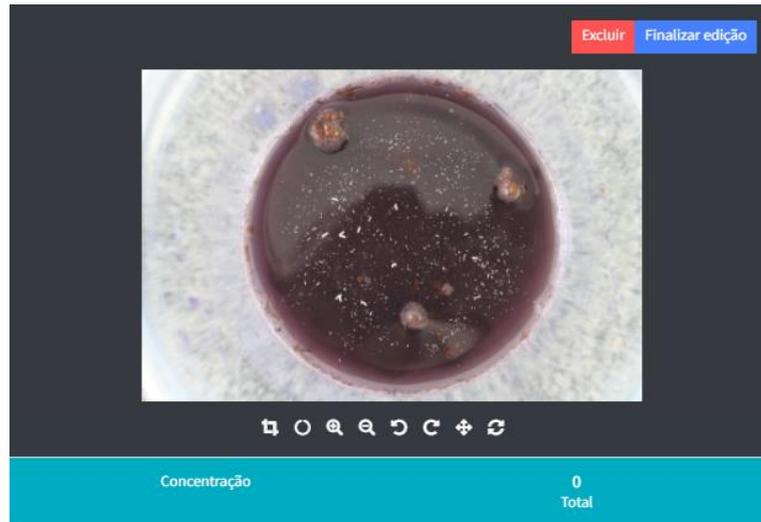


Figura 5.7 - *Screenshot* do *card* editor de imagens do Folsomia System. Fonte: Elaborada pelo autor (2020).

As descrições dos ícones do editor de imagem podem ser encontradas no Apêndice C do documento. O usuário pode cortar a imagem (*crop*), rotacionar, dar *zoom* entre outras funções. Existem duas opções para realizar o corte da imagem, uma é um corte quadrado e outro é um corte circular. Na Figura 5.8 podemos ver o corte circular. Caso o usuário deseje trocar a imagem testada, é só clicar no botão “Excluir”.

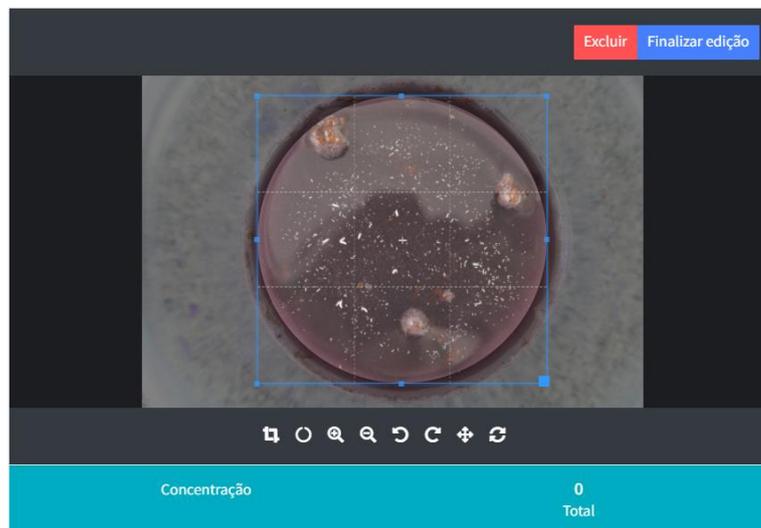


Figura 5.8 - *Screenshot* do *card* editor de imagens do Folsomia System com aplicação de *crop*. Fonte: Elaborada pelo autor (2020).

Assim que o usuário finalizar a edição da imagem e clicar no botão “Finalizar edição” (Figura 5.8) o sistema retornará a imagem com a edição realizada e exibirá o botão “Realizar contagem” para o usuário (Figura 5.9).

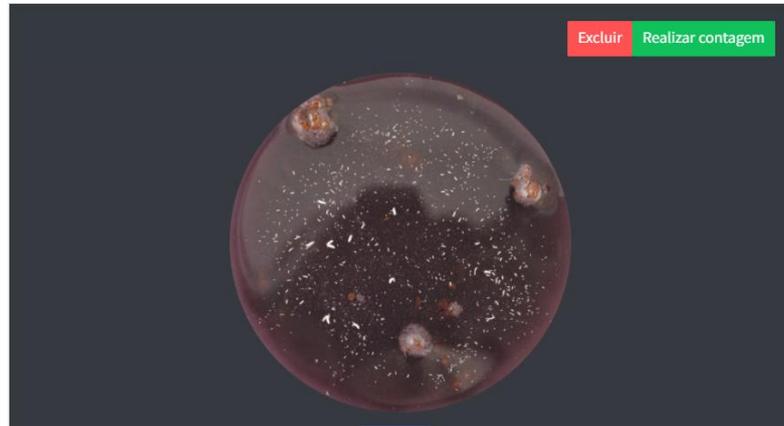


Figura 5.9 - Screenshot do card editor de imagens do Folsomia System com a edição finalizada. Fonte: Elaborada pelo autor (2020).

Ao clicar no botão “Realizar contagem”, o sistema irá retornar para o usuário a imagem com os organismos *Folsomia candida* identificados, como pode ser visto na imagem com zoom da Figura 5.10.

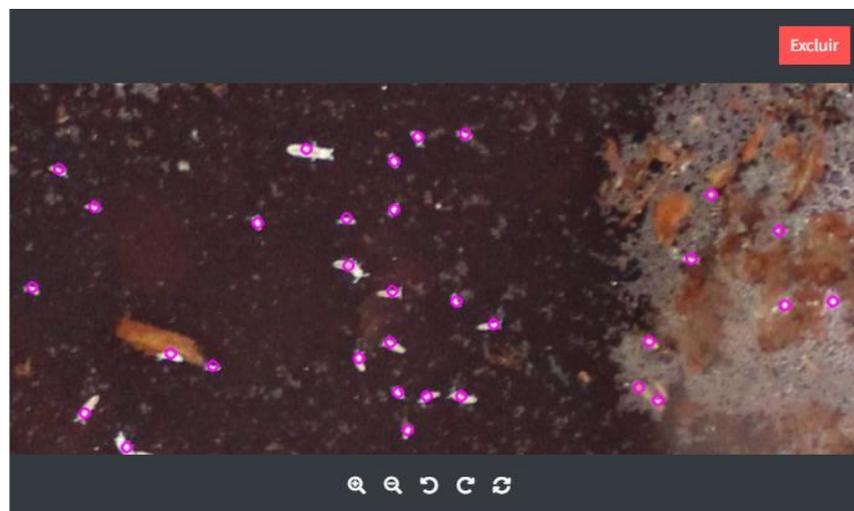


Figura 5.10 - Screenshot da imagem de retorno da contagem do Folsomia System. Foi aplicado zoom na imagem no editor do Folsomia. Fonte: Elaborada pelo autor (2020).

Além da imagem com os organismos *Folsomia candida* circulado, o sistema retornará o valor total da contagem, que será exibido no rótulo de “Total”, como pode ser visto na Figura 5.11.

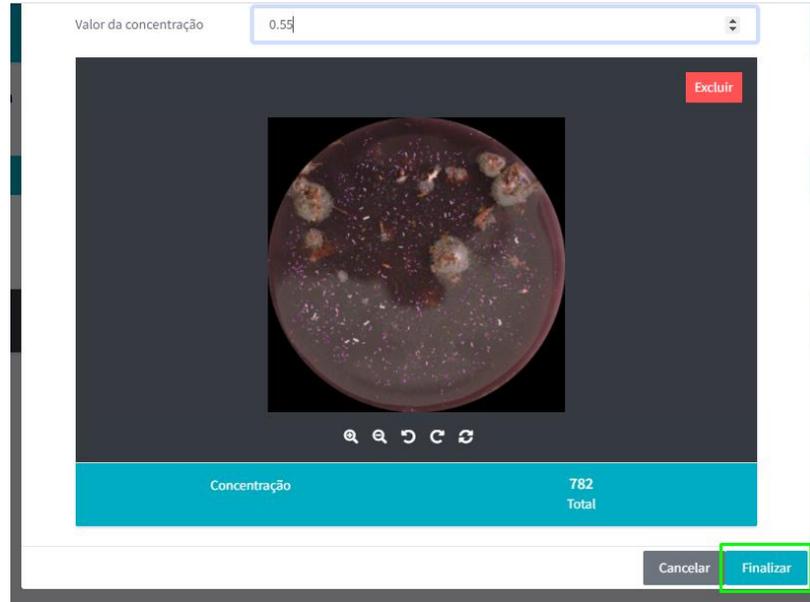


Figura 5.11 - *Screenshot* da modal Nova Concentração com os valores da contagem finalizados. Fonte: Elaborada pelo autor (2020).

Com a contagem finalizada, o usuário poderá clicar no botão “Finalizar” (Figura 5.11). Isso fará com que o sistema feche a *modal* e o usuário passe a ver a imagem e o valor da contagem inserido em pequenos *cards* (Figura 5.12). O usuário pode inserir até  $N$  concentrações (definido pelo administrador) em um teste.

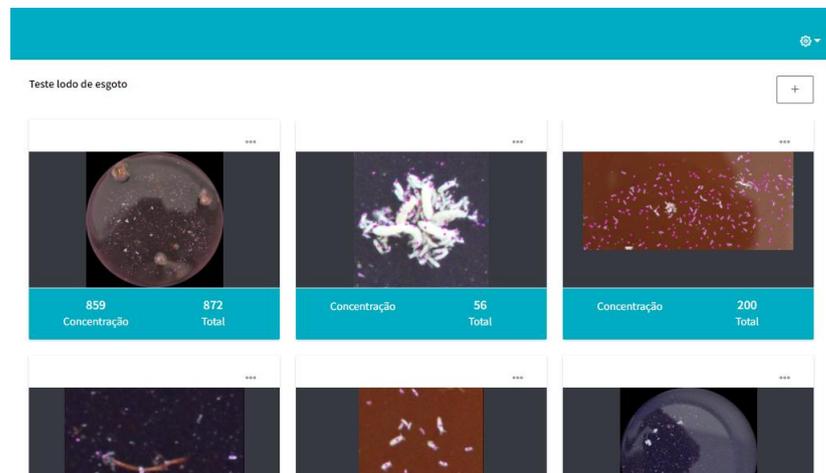


Figura 5.12 - *Screenshot* da tela de contador de *Folsomia candida* com imagens processadas e contadas pelo Folsomia System. Fonte: Elaborada pelo autor (2020).

Caso o usuário atinja o número máximo de concentrações que podem ser inseridas no teste e clicar novamente no botão “+”, o sistema retornará a mensagem

de atenção, indicando que o máximo de concentrações em um teste foi atingido (Figura 5.13).

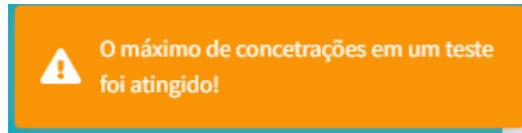


Figura 5.13 - *Screenshot* da mensagem de atenção do Folsomia System, indicando que o máximo de concentrações em um teste foi atingido. Fonte: Elaborada pelo autor (2020).

Assim que forem inseridos os *cards* com as imagens processadas e os valores da concentração, o usuário poderá realizar duas operações diferentes em cada imagem processada: edição e remoção. Para isso o usuário deverá clicar no ícone com três pontinhos que fica acima de cada *card* de uma imagen processada (Figura 5.14).



Figura 5.14 - *Screenshot* dos *cards* pequenos que ficam na Tela Contador de Folsomia. Fonte: Elaborada pelo autor (2020).

Ao selecionar a opção de *Editar* o sistema abrirá a modal “Nova concentração” com os dados originalmente preenchidos, permitindo ao usuário editar a imagem processada. Já ao selecionar a opção de *Remover*, o sistema retornará para o usuário uma modal “Remover” (Figura 5.15), confirmando a opção pela remoção da imagem processada. Caso o usuário clique no botão “Sim” o sistema remove o *card* da imagem processada, caso clique em “Não” o sistema não remove o *card*.

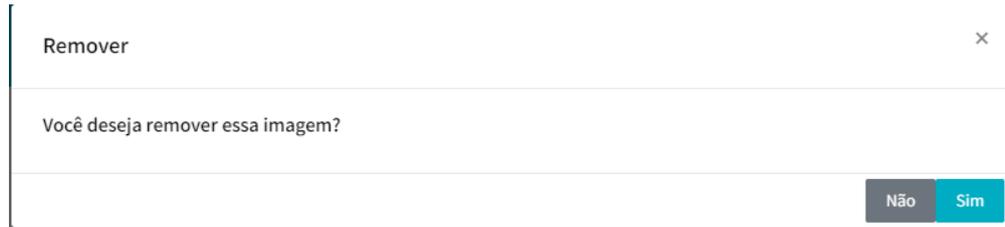


Figura 5.15 - *Screenshot* da modal “Remover”. Fonte: Elaborada pelo autor (2020).

Para salvar o teste realizado (no formato “.folsys” interno do sistema), abrir testes salvos (também em formato “.folsys”) ou editar as informações básicas do sistema o usuário deve clicar no ícone com uma engrenagem e selecionar a opção desejada (Figura 5.16).

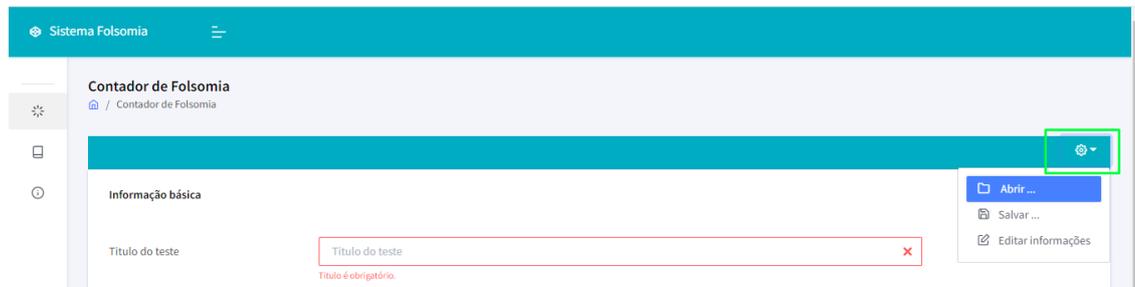


Figura 5.16 - *Screenshot* do ícone com engrenagem da Tela Contador de Folsomia. Fonte: Elaborada pelo autor (2020).

Quando o usuário tenta fechar a aba do navegador na tela de contagem do **Folsomia System** o sistema exibirá uma caixa de diálogo para lembrar o usuário de salvar o teste realizado.

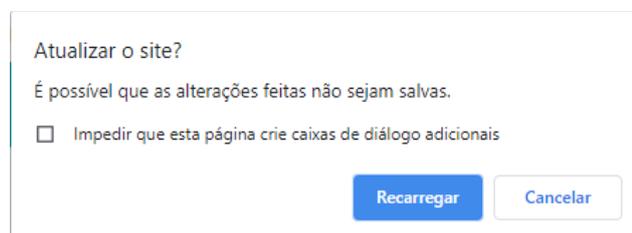


Figura 5.17 - *Pop-up* que informa o usuário para salvar a aplicação antes de sair. Fonte: Elaborada pelo autor (2020).

### 5.1.1.3 Tela “Manual”

Essa tela é responsável por apresentar para o usuário final um manual de como devem ser realizados os testes utilizando o **Folsomia System** (Figura 5.18). O Manual está organizado em quatro passos:

- **Pré-Contagem** – descreve quais os requisitos mínimos da imagem para que o sistema consiga realizar uma boa contagem.
- **Contador de *Folsomia candida*** – explica como realizar o processo de contagem.
- **Editar e remover** – descreve como realizar a edição ou remoção de imagens processadas.
- **Salvar e Abrir** - detalha como usuário pode salvar os seus testes, e abrir os testes salvos posteriormente.

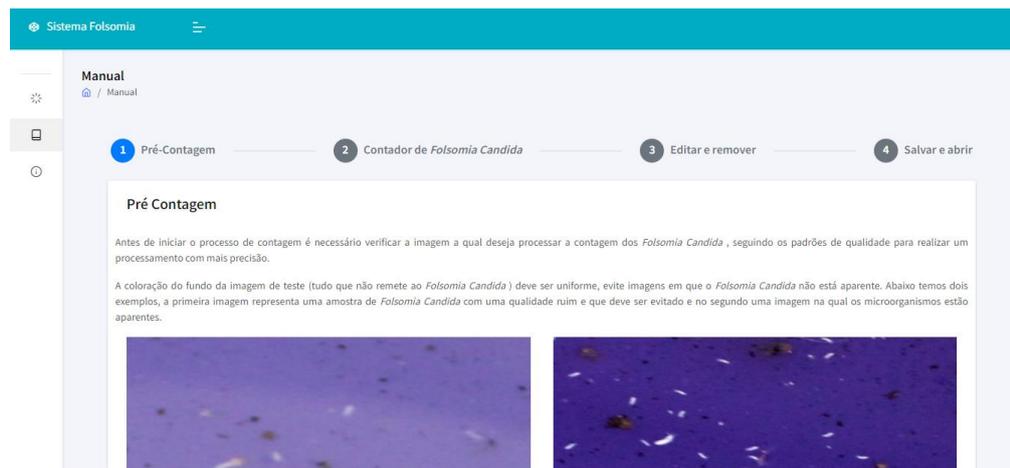


Figura 5.18 - Screenshot da “Tela Manual” do Folsomia System. Fonte: Elaborada pelo autor (2020).

### 5.1.1.4 Tela “Sobre”

Essa tela contém uma breve descrição sobre o sistema e seu propósito, além disso, contém também o endereço do LinkedIn do desenvolvedor e do GitHub.

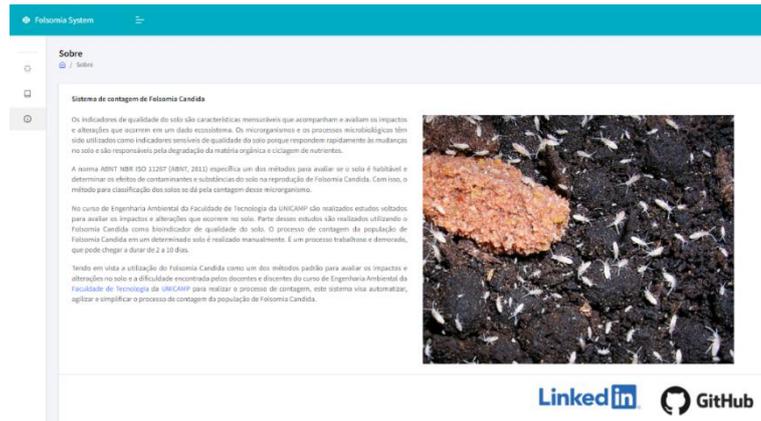


Figura 5.19 - Screenshot da Tela Sobre do Folsomia System. Fonte: Elaborada pelo autor (2020).

### 5.1.1.5 Design responsivo das telas

Todas as telas do **Folsomia System** são responsivas, podendo ser utilizadas em diferentes navegadores de *smartphones* e *desktops*, sem problemas de visualização dos elementos dispostos nas telas. Um exemplo do comportamento responsivo dos *modais* da tela “Contador de Folsomia” pode ser visto na Figura 5.20, em que o sistema é exibido em um navegador de *smartphone*.

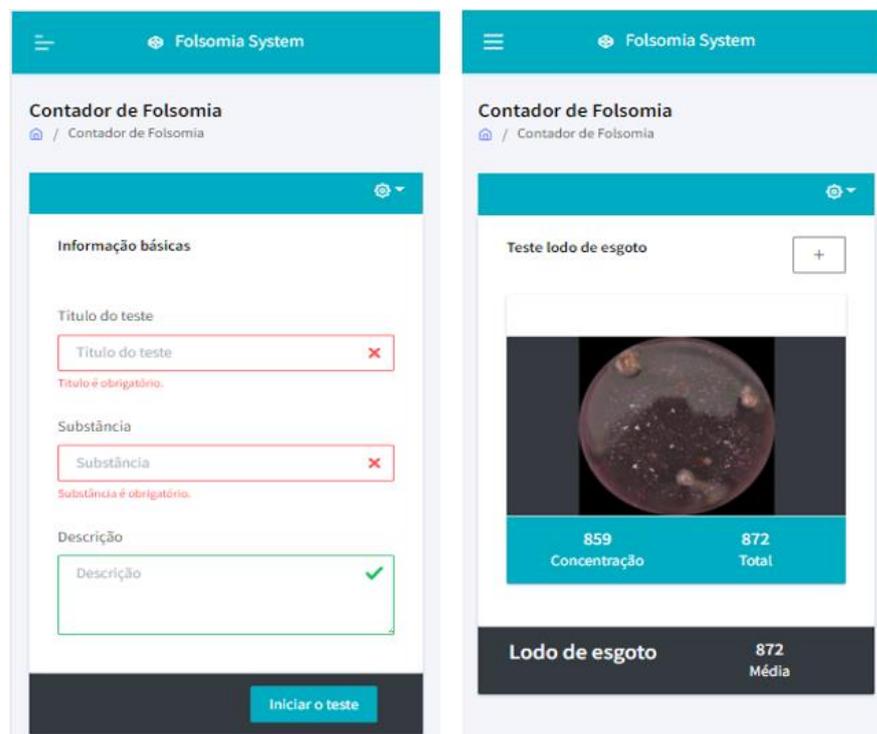


Figura 5.20 - Screenshot da tela do contador de *Folsomia* responsivo. Fonte: Elaborada pelo autor (2020).

## 5.2 Folsomia System API (WEB API / .Net Core)

Para a construção do Folsomia System API foi utilizado o ASP.NET<sup>17</sup> Core que é uma estrutura de software livre, multiplataforma (funciona nos sistemas operacionais MacOS, Linux e Windows) e de alto desempenho, para a criação de aplicativos modernos conectados à Internet e baseados em nuvem. O ASP.NET Core foi considerado o 10º melhor *framework* em desempenho pela TechEmpower (2019). O ASP.NET Core Web API é um *framework* para desenvolvimento de *web services*.

Uma API (Interface de programação de aplicações) é um conjunto de definições e protocolos para criar e integrar softwares de aplicações. Já uma API RESTful é uma interface de programação de aplicações que segue conformidade com as restrições de arquitetura REST (*Representational State Transfer*).

O Folsomia System API foi construído no padrão arquitetural REST que utilizará recursos HTTP e a linguagem C#. Por questões de segurança essa camada só será acessível pelo servidor da aplicação.

### 5.2.1 Arquitetura de software do Folsomia System API

A arquitetura de software utilizada para desenvolver o **Folsomia System API** foi a Arquitetura Limpa (do inglês *Clean Architecture*).

O objetivo da Arquitetura Limpa é deixar as diferentes partes do sistema com baixo grau de dependência (baixo acoplamento), tornando mais fáceis a manutenção e os testes do sistema (MARTIN, 2017).

As vantagens de se utilizar essa arquitetura são diversas e incluem: independência da interface do usuário, independência do banco de dados, facilidade de testes e independência de outros agentes externos (Jobs, APIs e etc).

A principal regra é que as camadas internas do sistema não devem conhecer as camadas externas, ou seja, a direção da dependência é de fora para dentro. As setas na Figura 5.21 mostram como é o acesso das camadas.

---

<sup>17</sup> <https://dotnet.microsoft.com/download>

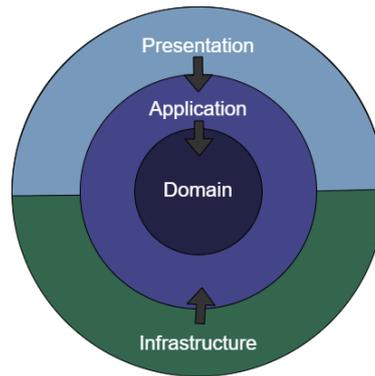


Figura 5.21 - Representação visual da Arquitetura Limpa. Fonte: alexcodetuts<sup>18</sup>.

Apresentação (*Presentation*) é a camada na qual fica a exposição (responsável por apresentar os dados e receber os dados dos usuários) a API. Essa camada possui o mínimo de código possível, acessa os casos de uso da camada de Aplicação e os expõe para a interface do sistema. Para documentar a API exposta foi utilizado o *Swagger*<sup>19</sup> que é uma ferramenta que permite descrever a estrutura da API de uma forma fácil.

A camada de Aplicação (*Application*) é responsável por coordenar o fluxo dos casos de uso e tratar os dados de entrada e saída. Os casos de usos da aplicação são responsáveis por orquestrarem o fluxo de dados das entidades e direcionar as entidades para as diferentes regras de negócio. Existem duas classes de caso de uso no **Folsomia System** que são: *FolsomiaCountUseCase* (possui o método de realizar contagem de *Folsomia candida*) e o *FolsomiaSetupUseCase* (possui os métodos de buscar as configurações do contador e atualizar essas configurações). Além dos casos de uso, a camada de aplicação possui DTOs (*data transfer object* ou objeto de transferência de dados) ou modelos de visualização, que são usados para receber os dados de entrada do sistema. Possui também as interfaces que serão implementadas por módulos da camada de infraestrutura, como por exemplo o banco de dados e o **Folsomia System Job**.

A camada de **Domínio** (*Domain*) ou também conhecido como **entidade** é o core da aplicação, nessa camada são encapsuladas as entidades, os *enums* (tipo de

<sup>18</sup> <https://alexcodetuts.com/2020/02/05/asp-net-core-3-1-clean-architecture-invoice-management-app-part-1/>

<sup>19</sup> <https://swagger.io/>

dado abstrato em que os valores atribuídos estão em um conjunto finito de identificadores definido pelo desenvolvedor) e eventualmente *interfaces*. O domínio do **Folsomia System** possui seis entidades, duas enumerações e quatro interfaces.

A camada de **Infraestrutura** (*Infrastructure*) possui um conjunto de adaptadores externos que implementam as interfaces que se encontram na camada de aplicação. Em destaque podemos citar os seguintes adaptadores: “FolsomiaCountJob” que é responsável por executar a aplicação *Python* que realiza a contagem do *Folsomia candida* e o “Data” que acessa o banco de dados MySQL do **Folsomia System**.

### 5.3 Folsomia System Job (Console/Python)

O Folsomia System Job foi realizado em *Python*<sup>20</sup> que é uma linguagem de programação de alto nível, interpretada, de *script*, imperativa, orientada a objetos, funcional, de tipagem dinâmica e forte, multiplataforma e possui inúmeras bibliotecas incluindo o OpenCV (biblioteca que será utilizada para processamento das imagens).

Folsomia System Job é responsável por realizar o processamento das imagens, identificando a quantidade de *Folsomia Candida* e retornando para o usuário o valor da contagem. Essa aplicação pode ser acessada pelo *prompt* de comando e, ao ser executada, é necessário fornecer alguns argumentos (Figura 5.22).

```
usage: folsomiacount.py [-h] [-ir FILE_IMAGE_RES] [--version] file_image
positional arguments:
  file_image           Add a folsomia image filename result of count
optional arguments:
  -h, --help          show this help message and exit
  -ir FILE_IMAGE_RES  Add a folsomia filename result of count
  --version            show program's version number and exit
```

Figura 5.22 – Screenshot do *prompt* de comando com informações de ajuda do folsomiacount.py.

<sup>20</sup> Para obter o download da ferramenta acesse: <https://www.python.org/downloads/>.

Caso o usuário queira retornar uma imagem com os organismos *Folsomia candida* encontrados, deverá utilizar o argumento opcional “-ir”, seguido do local onde se deseja salvar a imagem processada pelo sistema (vide exemplo na Figura 5.23).

```
folsomiacount.py "test_inputs_outputs/inputs/9.png" -ir "teste.png"
```

Figura 5.23 - Screenshot do prompt de comando com o argumento opcional "-ir".

O sistema retorna para o usuário o resultado da contagem (Figura 5.24) e a imagem processada (Figura 5.25) será salva no diretório escolhido pelo usuário utilizando o parâmetro “-ir”.

```
{'status': 200, 'count_res': 9, 'file_image_res': 'teste.png'}
```

Figura 5.24 – Screenshot do resultado da execução do Folsomia System Job. Elaborado pelo autor (2020).

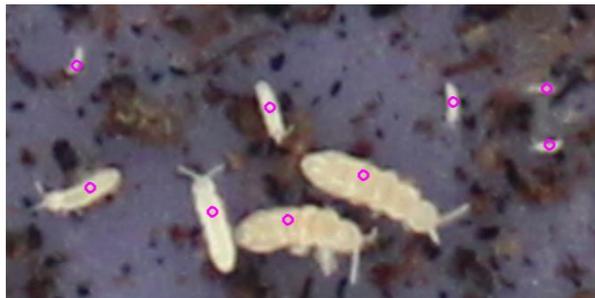


Figura 5.25 – Imagem de retorno processada pelo Folsomia System Job. Fonte: Elaborada pelo autor (2020).

### 5.3.1 Técnicas de detecção do *Folsomia candida*

Um Classificador em Cascata (do inglês *Cascade Classifier*) é uma abordagem de aprendizado de máquina em que os atributos dos dados são apresentados gradualmente a uma sequência de classificadores (daí o termo “cascata”). Caso um dado classificador indique que uma imagem é negativa, ou seja, não corresponde ao que se deseja detectar, essa imagem é rotulada definitivamente como negativa. Caso contrário, a amostra passa para o classificador seguinte e o processo se repete com outro conjunto de atributos. Ao final, uma imagem só será rotulada como positiva, ou seja, correspondente ao que se deseja detectar, se o último classificador da cascata

assim a classificar (VISION, 2020a). Por se tratar de uma abordagem baseada em aprendizado de máquinas supervisionado, o processo de treinamento ocorre através de um conjunto de imagens rotuladas como positivas, que são os objetos que se deseja detectar, e negativas, que correspondem a tudo que não representa o objeto que se quer detectar.

O OpenCV é uma biblioteca para o desenvolvimento de aplicativos na área de visão computacional (sistemas artificiais que obtém informação de imagens ou quaisquer dados multidimensionais). Essa biblioteca descreve dois modelos clássicos de detecção de objetos utilizando classificadores em cascata, que são o Haar e LBP (*Local Binary Patterns*) (VISION, 2020b). Apesar do LBP ser menos preciso que o Haar, ele foi escolhido nesse projeto por permitir um treinamento mais rápido, exigindo menos recursos computacionais.

O método LBP rotula os pixels de uma imagem e atribui um número binário a cada um deles. A primeira etapa do algoritmo LBP é converter imagens em tons de cinza, depois para cada pixel da imagem convertida é selecionado uma vizinhança de tamanho  $x$  em torno de cada pixel central, um valor LBP é então calculado para este pixel central e armazenado em uma matriz 2D de saída com a mesma largura e altura da imagem de entrada. Tal algoritmo foi proposto inicialmente em (OJALA; PIETIKÄINEN; HARWOOD; 1996) e, mais tarde, apresentado uma versão mais genérica (OJALA; PIETIKÄINEN; MÄENPÄÄ, 2002).

Para treinamento dos classificadores, o primeiro passo foi coletar um conjunto de imagens positivas (imagens que representem um *Folsomia candida*) e negativas (tudo aquilo que não representa o *Folsomia candida*) e, em seguida, preparar essas imagens para o treinamento dos classificadores.

Para a seleção das imagens, foi levado em consideração um cenário limitado: como a ideia é identificar o *Folsomia candida* em diferentes solos, foram selecionadas imagens relacionadas ao cenário em questão. As negativas foram um conjunto genérico de imagens de solo, enquanto as positivas um conjunto de *Folsomia candida* com diferentes proporções.

Foram coletados um conjunto de amostras com 2883 imagens positivas, contendo um único *Folsomia candida*, e 647 imagens negativas. As imagens positivas foram transformadas em um formato aceito pelo OpenCV.

A próxima etapa realizada foi o treinamento dos classificadores com o algoritmo LBP, tomando como base o conjunto de imagens positivas e negativas preparadas anteriormente. O tempo gasto para execução do treinamento com o LBP foi cerca de 6 horas em um computador com processador Intel Core i5-7500t. Quando finalizado o treinamento, o algoritmo gerou um arquivo XML (esse arquivo é o resultado final do classificadores treinados) que foi utilizado para o algoritmo de detecção do *Folsomia candida*.

O algoritmo do Folsomia System Job realiza algumas alterações na imagem antes de executar o procedimento de detecção dos organismos. Primeiro o algoritmo realiza uma alteração de gama (usado para correções de brilho de uma imagem), para tornar o solo menos aparente e destacar o *Folsomia candida*, como pode ser visto na direita da Figura 5.26. O método de alteração de gama utilizado no Folsomia System Job foi baseado no código que se encontra no repositório do github<sup>21</sup> e é descrito na documentação do OpenCV<sup>22</sup>. Tal método recebe como parâmetro a imagem que se deseja realizar a alteração de gama e o máximo de gama (os valores vão de 1 até 200) que será aplicado nessa imagem. O valor inserido para alteração de gama foi 200.



Figura 5.26 – Exemplo de correção de gama. Do lado esquerdo temos a imagem original, sem correção de gama, e do lado direito, com a aplicação de gama. Fonte: Elaborada pelo autor (2020).

<sup>21</sup>[https://github.com/hannarud/opencv-best-samples/blob/master/contrast\\_and\\_brightness\\_adjustment.py](https://github.com/hannarud/opencv-best-samples/blob/master/contrast_and_brightness_adjustment.py)

<sup>22</sup>[https://docs.opencv.org/3.4/d3/dc1/tutorial\\_basic\\_linear\\_transform.html](https://docs.opencv.org/3.4/d3/dc1/tutorial_basic_linear_transform.html)

Depois de aplicada a correção de gama da imagem, o sistema aplica uma máscara para remover o máximo de cores da imagem que não representam um *Folsomia candida* (vide exemplo Figura 5.27). Para a remoção de cores é indicado para o algoritmo qual a variação de cores a ser mantida na imagem, sendo que o *range* de cores foi definido com base na coloração do *Folsomia candida* em diferentes imagens. Para limitar as cores na imagem (deixando apenas o *Folsomia candida*) primeiro é feita uma conversão do espaço de cores da imagem para HSV (*Hue*, *Saturation*, *Value*), que é um modelo para representar o espaço de cor semelhante ao modelo de cores RGB (VISION, 2020c). O canal *Hue* (matiz) é utilizado para modelar o tipo de cor, já o *Saturation* (saturação) pode ser alterado de insaturada, para representar tons de cinza, para totalmente saturada (sem componente branco). Por fim, *Value* (valor) descreve o brilho ou a intensidade da cor (VISION, 2020c). O método para aplicar a máscara de remoção das cores recebe como parâmetros os limites mínimo e máximo de cada um dos canais do HSV (o mínimo é 0 e o máximo é 255 para os três canais). Os valores utilizados na máscara do algoritmo do Folsomia System Job foram: mínimo *Hue* igual a 15 e máximo *Hue* igual a 255; mínima *Saturation* 15 e máxima *Saturation* 255; mínimo *Value* 60 e máximo *Value* 255. Esses valores foram definidos com base na coloração do *Folsomia candida*.



Figura 5.27 – Máscara de remoção de cores que não representam o *Folsomia Candida*. Fonte: Elaborado pelo autor (2020)

Assim que finalizada as alterações na imagem, o algoritmo enfim realiza a detecção do *Folsomia candida* na imagem que foi tratada anteriormente. Com os organismos *Folsomia candida* encontrados na imagem, o sistema irá usar a imagem original e adicionar os círculos rosa (Figura 5.25) nos *Folsomia candida* encontrados e retornar para o usuário essa imagem e o número total de organismos presentes.

### 5.3.2 Métricas e Resultados

Para avaliar a eficácia do funcionamento do algoritmo de contagem de *Folsomia candida* foram considerados o número de verdadeiros positivos, o número de falsos positivos, o erro relativo, o erro absoluto, o tempo de processamento de cada imagem testada, a precisão e o *recall*.

Os verdadeiros positivos (*TP – true positive*) caracterizam a quantidade de vezes que o sistema indicou a presença de *Folsomia candida* em imagens onde havia a presença de fato dele.

Já os falsos negativos (*FN – false negatives*) representam o número de *Folsomia candida* que estavam na imagem e não foram encontrados pelo algoritmo.

Os falsos positivos (*FP – false positives*) definem a quantidade de vezes que o sistema indicou a presença de *Folsomia candida* em imagens onde não havia *Folsomia candida*.

O erro absoluto é a diferença entre o número total de *Folsomia candida* contidos em uma imagem ( $N_{Real}$ ) e o número de verdadeiros positivos (TP) retornado pelo sistema, de acordo com a Equação 4.1:

$$Erro\ absoluto = N_{Real} - TP \quad (4.1)$$

O erro relativo é o valor do erro absoluto dividido pelo número total de *Folsomia candida* contidos na amostra, de acordo com a Equação 4.2:

$$Erro\ relativo = \frac{Erro\ Absoluto}{N_{Real}} \quad (4.2)$$

Precisão é o valor que reflete o número efetivo de *Folsomia candida* corretos na contagem realizada pelo sistema, conforme Equação 4.3:

$$Precisão = \frac{TP}{TP + FP} \quad (4.3)$$

*Recall* é a frequência em que o classificador encontrou os exemplos de uma determinada classe, ou seja, quando realmente é *Folsomia candida* e o quão frequente o classificador identificou algo como *Folsomia candida*, conforme Equação 4.4:

$$Recall = \frac{TP}{TP + FN} \quad (4.4)$$

Por fim, *F-measure* é a média harmônica entre precisão e *recall* (Equação 4.5), sendo que quanto maior o seu valor, melhor será a qualidade do método.

$$F1 = 2 * \frac{Precisão * Recall}{Precisão + Recall} \quad (4.5)$$

As amostras de teste que foram selecionadas seguiram algumas premissas. Essas premissas são apresentadas para o usuário final na “Tela Manual”, são eles:

- As imagens de amostras devem conter *Folsomia candida*.
- Toda área de imagem desnecessária (tudo que está fora do recipiente que se encontra o solo e os organismos *Folsomia candida* a ser testado) deve ser removida através da edição de imagem.
- O solo testado não deve ter a mesma coloração de *Folsomia candida*, ao ponto de *Folsomia candida* não ser facilmente identificada.

Foram utilizadas 30 amostras aleatórias de imagens com *Folsomia candida* com proporções diferentes e os resultados obtidos pelo classificador treinado, para cada amostra, podem ser vistos na Tabela 5.1.

Tabela 5.1 - Tabela com os resultados das amostras testadas. Fonte: Elaborada pelo autor (2020).

Amostra	Número correto	Número contabilizado pelo sistema	TP	FP	FN	f-measure	Precisão	Recall	Erro Absoluto	Erro Relativo
1	9	9	9	0	0	1	100%	100%	0	0%
2	3	3	3	0	0	1	100%	100%	0	0%
3	12	8	8	0	3	0,84211	100%	73%	4	33%
4	18	18	18	0	0	1	100%	100%	0	0%
5	11	10	10	0	1	0,95238	100%	91%	1	9%
6	2	2	2	0	0	1	100%	100%	0	0%
7	5	7	7	0	0	1	100%	100%	2	40%
8	9	9	9	0	1	0,94737	100%	90%	0	0%
9	1	1	1	0	0	1	100%	100%	0	0%
10	7	9	9	0	0	1	100%	100%	2	29%
11	10	5	5	0	5	0,66667	100%	50%	5	50%
12	20	14	14	0	6	0,82353	100%	70%	6	30%
13	5	5	5	0	0	1	100%	100%	0	0%
14	9	8	8	0	1	0,94118	100%	89%	1	11%
15	3	4	4	0	0	1	100%	100%	1	33%
16	14	17	17	0	0	1	100%	100%	3	21%
17	20	13	13	0	7	0,78788	100%	65%	7	35%
18	21	19	19	0	2	0,95	100%	90%	2	10%
19	25	21	21	0	5	0,89362	100%	81%	4	16%
20	1	1	1	0	0	1	100%	100%	0	0%
21	3	3	3	0	0	1	100%	100%	0	0%
22	9	9	9	0	0	1	100%	100%	0	0%
23	1	1	1	0	0	1	100%	100%	0	0%
24	4	4	4	0	0	1	100%	100%	0	0%
25	12	17	17	0	0	1	100%	100%	5	42%
26	9	12	12	0	0	1	100%	100%	3	33%
27	2	2	2	0	0	1	100%	100%	0	0%
28	8	7	7	0	1	0,93333	100%	88%	1	13%
29	8	8	8	0	0	1	100%	100%	0	0%
30	6	6	6	0	0	1	100%	100%	0	0%
<b>MÉDIA</b>							100%	93%	1,566667	13%

O valor médio de recall com base nas 30 amostras foi de 93%, o que significa que o algoritmo do Folsomia System Job, deixou de identificar, em média, cerca de 7% de *Folsomia candida* que estavam contidas nas amostras, conforme Figura 5.26.

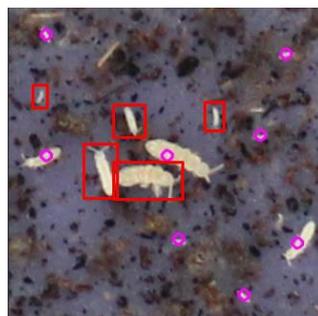


Figura 5.28 – Amostra com falsos negativos grifados em vermelho. Fonte: Elaborada pelo autor (2020).

A taxa de erro médio absoluto foi de 13%. Nestes 13% das imagens em que foram cometidos erros os problemas mais comuns foram a não contabilização de *Folsomia candida* e a contagem de um mesmo *Folsomia candida* mais de uma vez (Figura 5.27), alterando assim o valor total de *Folsomia candida* na amostra. Na amostra de imagens estudadas não foram encontrados casos em que o algoritmo classificou erroneamente um objeto que não fosse *Folsomia candida*, tendo neste aspecto uma precisão de 100%. O valor da precisão só foi possível porque as amostras seguiram as premissas citadas anteriormente.

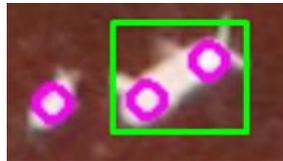


Figura 5.29 – Amostra com *Folsomia candida* sendo classificados mais de uma vez. Fonte: Elaborada pelo autor (2020).

Outro fator considerado para avaliar a qualidade final do **Folsomia System Job**, foi analisar o tempo gasto pelo sistema para realizar a contagem de *Folsomia candida*. Em média o tempo gasto foi de 30 segundos levando em consideração imagens com tamanhos maiores que 3000 × 3000 pixels, para imagens com proporções menores o tempo gasto médio foi de 10 segundos.

Tendo em vista os resultados, pode se notar que o algoritmo de reconhecimento de *Folsomia candida* no cenário proposto (seguindo as premissas citadas anteriormente) apresentou um resultado aceitável.

## 5.4 Dados no Folsomia System

Para a aplicação do **Folsomia System** foi utilizado o banco de dados MySQL<sup>23</sup> (sistema de gerenciador de banco de dados relacional que utiliza a linguagem SQL)

<sup>23</sup> <https://www.mysql.com/downloads/>

para salvar as configurações do contador e os *logs* de auditoria do sistema. Na Figura 5.28 pode-se ver um DER (Diagrama de Entidade Relacionamento) simples do banco.

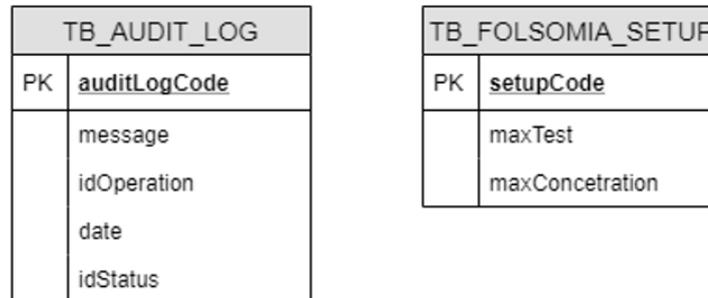


Figura 5.30 - Representação das tabelas do Folsomia System. Fonte: feito no Draw.io pelo autor (2020).

O banco da aplicação conterá apenas duas tabelas, uma para salvar informações de *logs* de auditoria e outra para salvar as configurações do sistema. Os *logs* de auditoria (que representam a sequência cronológica de entradas realizadas pelo usuário no sistema) serão salvos no banco de dados. Esse log será responsável por guardar os processos realizados pelos usuários no sistema, de forma a permitir a verificação se esses processos estão ocorrendo com sucesso ou falha.

O atributo *idOperation* representa as operações que são realizadas pelo usuário no sistema. O Folsomia System API contém *enums* que representam quais são essas operações: *realizar contagem*, *realizar upload dos arquivos* e *alterar configurações*. Já o *IdStatus* indica se a operação realizada teve sucesso ou falha. Seus valores também estão em um *enum* na API: caso sucesso o valor é 0 e se falhar o valor é 1.

*File Share* (pasta compartilhada) é um diretório do servidor que será utilizado para salvar as imagens de *Folsomia candida* para processamento. O local da pasta é inserido no arquivo de configuração “.json” do Folsomia System API e pode ser alterado pelo administrador do sistema. A API, após receber o retorno de contagem do Folsomia System Job e retornado a imagem para o usuário, a API acaba removendo a imagem e deixando a pasta compartilhada vazia. Dessa forma as imagens não ocupam espaço no servidor. Os arquivos de imagem são salvos com nomes aleatórios, gerados automaticamente de forma a não haver colisão de arquivos com o mesmo nome no Folsomia System API (vide exemplo Figura 5.29).



Figura 5.31 - *Screenshot* da imagem de teste na pasta compartilhada antes de ser removida. O nome aleatório gerado pelo sistema está representado na parte inferior da imagem. Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

## 6 Considerações finais

Esse trabalho de conclusão do curso permitiu a criação de um sistema que automatizasse o processo de contagem de *Folsomia candida* em imagens, retornando para o usuário o valor dessa contagem.

O diferencial do sistema criado aqui, em relação às aplicações existentes, foi a elaboração de uma aplicação gratuita e que pode ser usufruída pela comunidade acadêmica. A aplicação do **Folsomia System** será disponibilizada online para diversos navegadores, cobrindo assim uma gama maior de sistemas operacionais que possam suportar a aplicação. Todo o processo computacional necessário para reconhecimento de imagens e contagem do *Folsomia candida* será realizado pelo servidor da aplicação, sendo assim, os requisitos de sistema (memória, GPU e etc.) do usuário final será baixo.

Os resultados obtidos para a contagem automática foram bons, tendo uma taxa média de erro de 13%. As amostras foram selecionadas de uma forma restrita, dessa forma a detecção de *Folsomia candida* no **Folsomia System** não prevê cenários mais amplos (imagens de baixa qualidade, imagens que não contenham o *Folsomia candida* etc.). Além da taxa de erro, o tempo gasto para realização da contagem automática em relação as contagens manuais teve um ganho considerável: o que antes era realizado de 2 a 10 dias, agora exige um tempo médio de 30 segundos.

Embora os resultados de contagem das amostras terem sido positivos, melhorias no sistema poderiam ser realizados para tornar o algoritmo de contagem do *Folsomia candida* mais robusto e prever uma gama maior de cenários possíveis. Correções de cores, ajustes de brilho, saturação e outras correções na imagem podem ser realizadas para que o sistema trabalhe melhor o seu reconhecimento.

## 7 Bibliografia

ABNT NBR ISO 11267 – Qualidade do solo – Inibição da reprodução de *Collembola* (*Folsomia candida*) por poluentes do solo. Rio de Janeiro, 2019.

DEVMEDIA. SQL Injection. [S. l.], 2007. Disponível em: <https://www.devmedia.com.br/sql-injection/6102>. Acesso em: 19 dez. 2020.

LEWIS, James. Microservices: a definition of this new architectural term. [S. l.], 2014. Disponível em: <https://martinfowler.com/articles/microservices.html>. Acesso em: 19 dez. 2020.

MARTIN, Robert C. Clean Architecture: A Craftsman's Guide to Software Structure and Design. [S. l.]: Pearson, 2017.

MARTINS, M. R. Aplicação de lodo de esgoto no solo: avaliação da estabilização e da Toxicidade. Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Tecnologia, 2020.

O JALA, T.; PIETIKÄINEN, M.; HARWOOD, D. A Comparative study of Texture Measures with Classification Based on Feature Distributions, *Pattern Recognition* 29 (1), p. 51-59, 1996.

OJALA, T.; PIETIKAINEN, M.; MAENPAA, T. Multiresolution gray-scale and rotation invariant texture classification with local binary patterns. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, v. 24, n. 7, p. 971–987, 2002.

PAULA FILHO, Wilson de Pádua. Engenharia de Software: fundamentos, métodos e padrões. São Paulo: LTC Editora, 2000.

PRESSMAN, Roger S. Engenharia de Software. 6ª ed. Rio de Janeiro: McGraw-Hill, 2006.

SANTOS, Vilma M.; MAIA, Leonor C. Bioindicadores De Qualidade Do Solo. Bioindicadores, Recife, Pernambuco, 2015.

SOMMERVILLE, I. Engenharia de Software. 9. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2011.

TECHEMPOWER. Web Framework Benchmarks. [S. l.], 9 jul. 2019. Disponível em: <https://www.techempower.com/benchmarks/#hw=ph&test=plaintext>. Acesso em: 24 nov. 2019.

VISION, O. S. C. OpenCV documentation: Object Detection Modules. 2020. Disponível em: [https://docs.opencv.org/4.5.1/db/d28/tutorial\\_cascade\\_classifier.html](https://docs.opencv.org/4.5.1/db/d28/tutorial_cascade_classifier.html). Acesso em: 21 dez. 2020.

VISION, O. S. C. OpenCV documentation: Object Detection Modules. 2020. Disponível em: [https://docs.opencv.org/3.4/dc/d88/tutorial\\_traincascade.html](https://docs.opencv.org/3.4/dc/d88/tutorial_traincascade.html). Acesso em: 21 dez. 2020.

VISION, O. S. C. OpenCV documentation: Object Detection Modules. 2021. Disponível em: [https://docs.opencv.org/3.4/da/d97/tutorial\\_threshold\\_inRange.html](https://docs.opencv.org/3.4/da/d97/tutorial_threshold_inRange.html). Acesso em: 20 jan. 2021.

## Apêndice A - Descrição dos Casos de Uso

### UC01 - Contar Folsomia

#### Objetivo

O objetivo desse caso de uso é representar o módulo de contagem do sistema. Nele o usuário poderá realizar *upload* das imagens que deseja processar para realizar a contagem. Essa operação pode ser realizada *N* vezes (quantidade definida pelo usuário administrador).

#### Ator(es)

Usuário padrão

#### Fluxo principal

1. O usuário acessa o sistema *online*.
2. O sistema carrega a página de contagem.
3. O usuário insere as informações sobre o teste e depois clica no botão “mais” para adicionar a imagem que será processada.
4. O sistema abre uma modal para o usuário inserir a imagem e informações da quantidade de concentração que ele utilizou no teste daquela imagem
5. O usuário insere as informações da concentração e seleciona a imagem que deseja realizar o *upload*.
6. O sistema libera a opção de CROP e o botão para realizar o processo de contagem.
7. O usuário realiza CROP da imagem e clica no botão Realizar Contagem.
8. O sistema realiza o upload da imagem e depois a contagem do **Folsomia candida** e retorna para o usuário a imagem processada e o valor total da contagem.
9. O usuário clica no botão Finalizar no final da modal.
10. O sistema insere um *card* na tela principal com a imagem processada com as informações da concentração, total de *Folsomia candida* encontrada na

imagem e realiza a média da quantidade de todas as concentrações que foram inseridas pelo usuário até o momento.

11. O usuário poderá realizar a operação de contagem  $N$  vezes (limitado pelo administrador).

### **Fluxo(s) alternativo(s)**

#### **Clicar no botão Cancelar da Modal**

9. O usuário clica no botão cancelar da modal.
10. O sistema fecha a modal e volta para a página principal sem inserir o *card* que representaria aquela modal.

### **Pós-condições**

1. Após as operações de entrada realizadas pelo usuário, o sistema deverá salvar essas informações no Log de Auditoria.

## **UC02 – Importar dados de contagem**

### **Objetivo**

Esse caso de uso representa a operação de importar dados de contagem do sistema.

### **Ator(es)**

Usuário padrão

### **Pré-condições**

1. O usuário deverá ter salvo dados processados em sessões anteriores no formato “.folsys”.

### **Fluxo principal**

1. O usuário acessa o sistema *online*.
2. O sistema carrega a página de contagem.
3. O usuário clica sobre o ícone de configuração e depois em abrir
4. O sistema dá a opção de escolher um arquivo do diretório no formato “.folsys”
5. O usuário seleciona um arquivo no formato “.folsys”

6. O sistema carrega todas as informações do arquivo.

#### **Fluxo(s) alternativo(s)**

5. Importar arquivos com formatos diferente de “.folsys”
6. O usuário seleciona um arquivo no formato diferente de “.folsys”
7. O sistema exibe a mensagem “*Não é possível realizar a importação desse arquivo.*”

### **UC03 – Exportar dados de contagem**

#### **Objetivo**

O objetivo desse caso de uso é representar a operação de exportar dados de contagem.

#### **Ator(es)**

Usuário padrão

#### **Pré-condições**

1. UC01

#### **Fluxo principal**

1. O usuário clica no ícone de configuração e depois em salvar.
2. O sistema processa as informações e realiza o download do “.folsys”

### **UC04 – Acessar manual do contador**

#### **Objetivo**

O objetivo desse caso de uso é exibir para os usuários o manual do **Folsomia System**.

#### **Ator(es)**

Usuário padrão

#### **Fluxo principal**

1. O usuário acessa o sistema online.
2. O sistema carrega a página de contagem.
3. O usuário clica no ícone do lado superior esquerdo para mostrar as opções do menu.
4. O sistema abre o menu lateral esquerdo, mostrando para o usuário quais opções ele tem.
5. O usuário clica sobre a opção do menu lateral esquerdo “Manual”.
6. O sistema abrirá a página que contém o manual do contador.

## **UC05 – Acessar informações sobre o sistema**

### **Objetivo**

O objetivo desse caso de uso é mostrar informações sobre o sistema.

### **Ator(es)**

Usuário padrão

### **Fluxo principal**

1. O usuário acessa o sistema online.
2. O sistema carrega a página de contagem.
3. O usuário clica no ícone do lado superior esquerdo para mostrar as opções do menu.
4. O sistema abre o menu lateral esquerdo, mostrando para o usuário quais opções ele tem.
5. O usuário clica sobre a opção do menu lateral esquerdo “Sobre”.
6. O sistema abrirá a página que contém informações sobre o sistema.

## **UC06 – Configurar contador**

### **Objetivo**

O objetivo deste caso de uso é descrever a operação de configuração do contador. O usuário administrador poderá limitar a quantidade de concentrações/imagens por teste que um usuário poderá inserir no contador.

**Ator(es)**

Usuário Administrador

**Pré-condições**

1. O usuário Administrador deve ter acesso ao servidor da aplicação.

**Fluxo principal**

1. O usuário Administrador acessa a API do sistema no servidor da aplicação.
2. O sistema exibe o método de alteração de configurações do contador.
3. O usuário insere o valor máximo de concentrações que podem ser realizados por sessão.
4. O sistema salva as informações inseridas pelo usuário.

**UC07 – Acessar *logs* de auditoria****Objetivo**

O objetivo desse caso de uso é descrever a o acesso aos *logs* de auditoria que o administrador poderá visualizar.

**Ator(es)**

Usuário Administrador.

**Pré-condições**

1. O usuário Administrador deve ter acesso ao servidor da aplicação.

**Fluxo principal**

5. O usuário Administrador acessa a API do sistema no servidor da aplicação.
6. O sistema exibe o método de consultar os *logs* de auditoria.
7. O usuário consulta os *logs* de auditoria.
8. O sistema retorna os *logs* de auditoria.

## Apêndice B - Protótipos inicial das telas

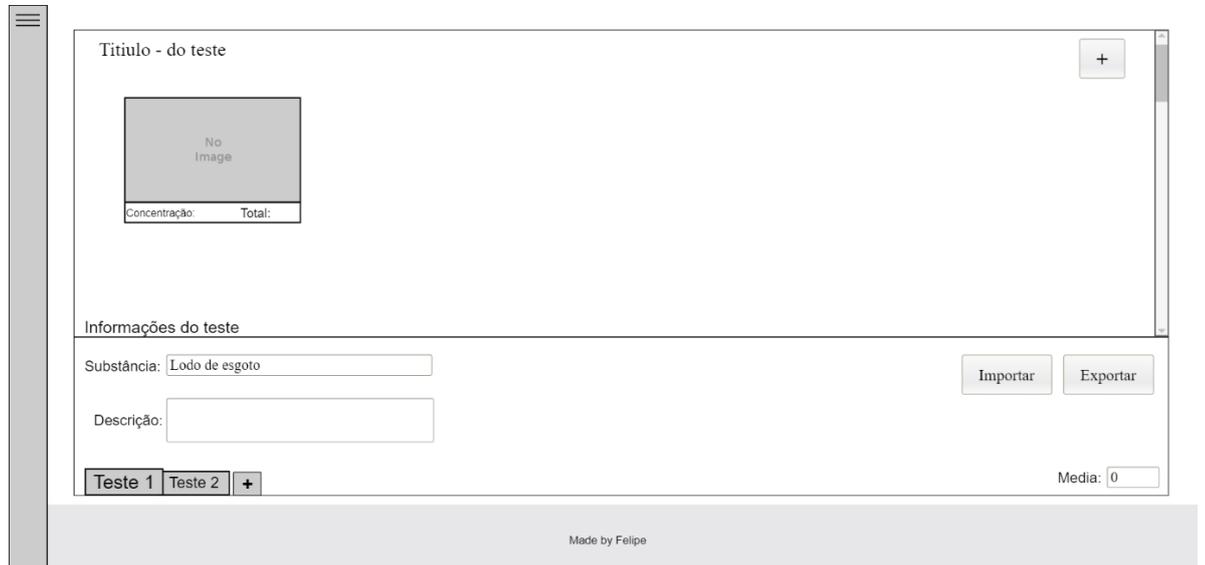


Figura B.1 - Protótipo da Tela Contador de *Folsomia candida*. Fonte: elaborado pelo autor (2020).



Figura B.2 - Protótipo da modal para inserir imagem. Fonte: elaborado pelo autor (2020).

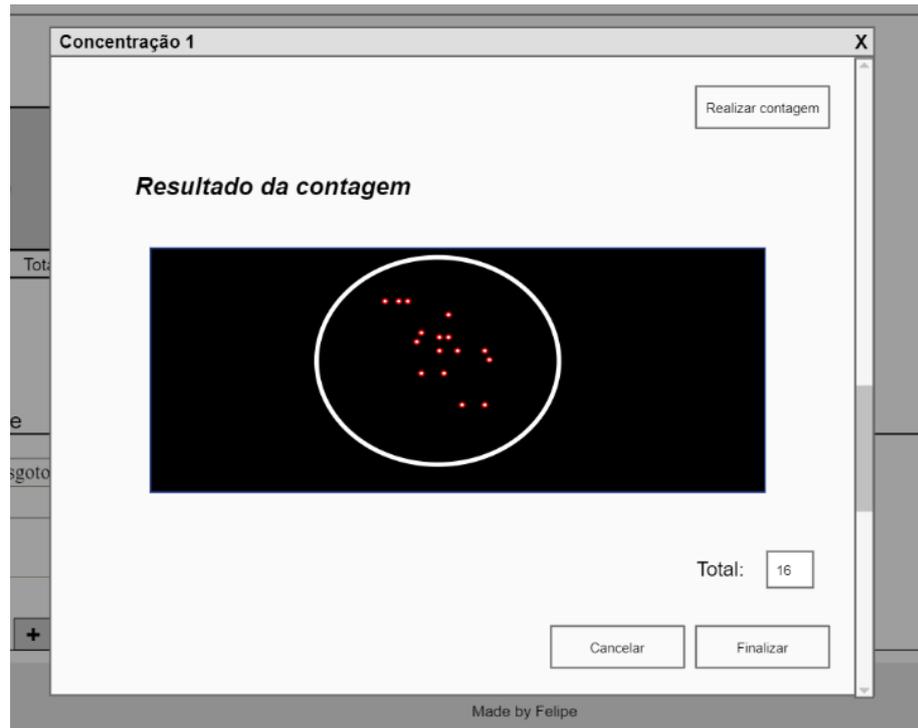


Figura B.3 - Protótipo da modal com o resultado da contagem. Fonte: Elaborado pelo autor (2020).



Figura B.4 - Protótipo do Contador do Folsomia Candida com imagens processadas. Fonte: elaborado pelo autor (2020).

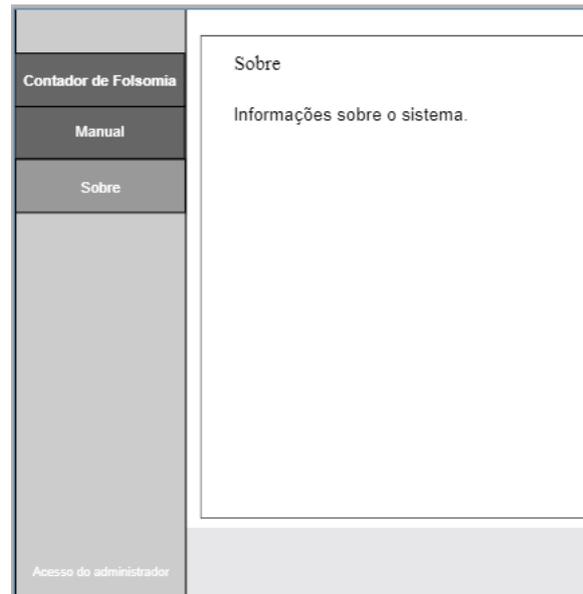


Figura B.5 - Protótipo da Tela Sobre. Fonte: elaborado pelo autor (2020).

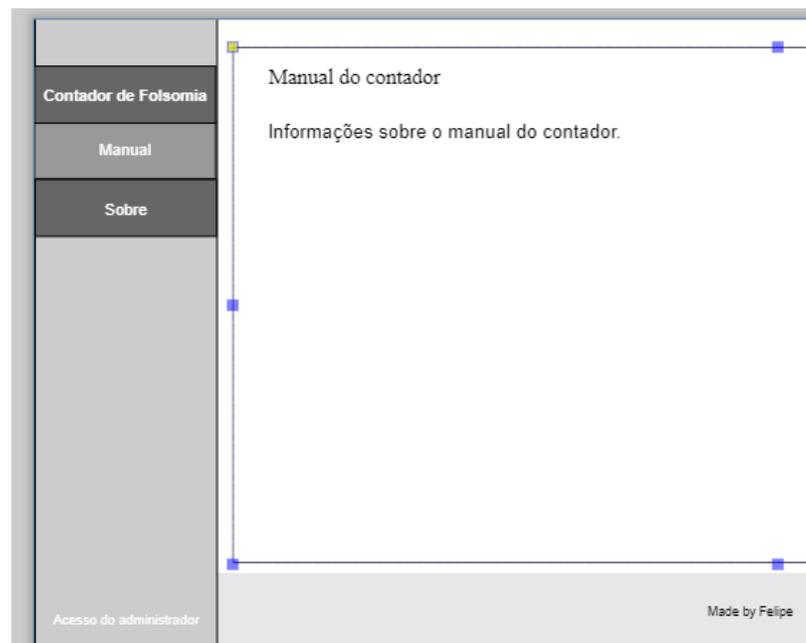


Figura B.6 - Tela manual do contador. Fonte: elaborado pelo autor (2020).

## Apêndice C - Descrição dos ícones de edição das imagens do *Folsomia System*

Tabela C.1 – Ícones do editor de imagens do Folsomia System. Fonte: elaborada pelo autor (2020).

Ícone	Descrição
	Realiza crop (corte) na imagem no formato quadrado.
	Realiza crop (corte) na imagem no formato redondo.
	Aumenta o zoom da imagem no editor.
	Diminui o zoom da imagem no editor.
	Rotaciona a imagem 90° para esquerda.
	Rotaciona a imagem 90° para direita.
	Mover a imagem.
	Retornar a imagem para a formatação inicial.