

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

João Gabriel Malaquias Borges

**HistoBioCeIP: Um aplicativo para educação em  
Histologia**

**Uberlândia, Brasil**

**2019**

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

João Gabriel Malaquias Borges

**HistoBioCelP: Um aplicativo para educação em  
Histologia**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à Faculdade de Computação da Universidade Federal de Uberlândia, Minas Gerais, como requisito exigido parcial à obtenção do grau de Bacharel em Sistemas de Informação.

Orientador: Marcelo Zanchetta do Nascimento

Universidade Federal de Uberlândia – UFU

Faculdade de Computação

Bacharelado em Sistemas de Informação

Uberlândia, Brasil

2019

João Gabriel Malaquias Borges

## **HistoBioCeLP: Um aplicativo para educação em Histologia**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à Faculdade de Computação da Universidade Federal de Uberlândia, Minas Gerais, como requisito exigido parcial à obtenção do grau de Bacharel em Sistemas de Informação.

---

**Marcelo Zanchetta do Nascimento**  
Orientador

---

**Prof. Dr. Renan Gonçalves Cattelan**

---

**Msc. Tháina Ap. Azevedo Tosta**

Uberlândia, Brasil  
2019

*Aos meus colegas de turma, em especial ao Matheus, que esteve mais próximo de mim durante os anos da graduação.*

# Agradecimentos

Primeiramente, agradeço a meu orientador, Marcelo Zanchetta do Nascimento, pelos esforços, tempo e paciência, empenhados a me orientar na realização deste trabalho. Agradeço também ao Adilmar Coelho Dantas, pelo auxílio com tecnologias antes desconhecidas por mim. Ao Paulo Rogério de Faria, pelo ensino de conceitos básicos de histologia, por ter me mostrado e ensinado a usar o portal de periódicos CAPES via CAFe e por ter me guiado na definição dos requisitos do aplicativo. Por fim, agradeço ao Pedro Antônio Ávila Oliveira e à Alessandra Akemi Cury Satokata pela ajuda na seleção e preparo das imagens.

*“Se expressar com criatividade é extremamente útil...”*

*Damon Albarn*

# Resumo

À medida que o tempo passa, novas tecnologias surgem, em decorrência disso, possibilidades passam a poder ser exploradas, nas mais variadas áreas do conhecimento. O *mobile learning* é uma nova forma de aquisição de conhecimento e explora o ensino por meio do uso de diferentes tipos de mídia nos dispositivos móveis. Isso flexibiliza o processo de aprendizagem, oferecendo grandes oportunidades para educação. Este trabalho apresenta um aplicativo, para *smartphones Android*, com conteúdo da disciplina de Histologia, a fim de ser usado como uma ferramenta adicional para consolidação dos conhecimentos passados pelos professores em sala de aula. Dentre seu conjunto de funcionalidades, destacam-se: a portabilidade de imagens histológicas; informações textuais de cunho didático e um questionário em forma de múltipla escolha, que associa conceitos abordados em sala de aula às imagens disponíveis no aplicativo. Com base nas respostas submetidas no questionário, o aplicativo realizará uma avaliação e oferecerá uma recomendação, caso necessário, indicando tópicos a serem revisados pelos estudantes. Também disponibiliza um fórum, para interação entre usuários por meio da plataforma.

**Palavras-chave:** *Android, smartphone, aplicativo, mobile learning, Histologia.*

# Lista de ilustrações

Figura 1 – <i>Mobile learning</i> como a interseção entre o <i>distance learning</i> e o <i>e-learning</i> (GRANT, 2019). . . . .	16
Figura 2 – <i>Mobile learning</i> , <i>e-learning</i> , <i>distance learning</i> e as interseções entre eles (GRANT, 2019). . . . .	16
Figura 3 – Micrótomo para cortar tecidos incluídos em parafina. Acionando-se a manivela (à direita da figura), o bloco contendo o fragmento de tecido sobe e desce. Após cada volta da manivela, o bloco avança uma distância definida (geralmente 1 a 10 $\mu\text{m}$ ) e, ao passar pela navalha, deixa uma fatia do tecido (JUNQUEIRA; CARNEIRO, 2013). . . . .	19
Figura 4 – Imagens histológicas digitais retiradas do acervo do ICBIM: (a) tecido epitelial simples colunar em aumento de 40x, (b) secção transversal de nervo em aumento de 40x. . . . .	19
Figura 5 – O modelo cascata (PRESSMAN, 2011). . . . .	21
Figura 6 – Fluxo de processo linear (PRESSMAN, 2011). . . . .	21
Figura 7 – Fluxo de processo paralelo (PRESSMAN, 2011). . . . .	21
Figura 8 – Fluxo de processo iterativo (PRESSMAN, 2011). . . . .	21
Figura 9 – Aplicativo <i>AnatLab Histology</i> : (a) tela principal, (b) menu com os tecidos disponíveis, (c) exemplo de imagem disponível para análise no aplicativo. . . . .	22
Figura 10 – Avaliações do <i>AnatLab</i> na <i>Play Store</i> . . . . .	23
Figura 11 – Aplicativo <i>Histology: USMLE Q&amp;A Review</i> : (a) exemplo de questão do aplicativo, (b) alternativas disponíveis para questão anterior, (c) tecidos e sistemas disponíveis no aplicativo e (d) tela para desbloqueio de recursos. . . . .	24
Figura 12 – Representação dos atores para o sistema proposto. . . . .	27
Figura 13 – Gerenciamento de conta dos usuários no sistema. . . . .	28
Figura 14 – Gestão de estudo para os estudantes. . . . .	28
Figura 15 – Gestão de conteúdo, realizado pelo professor. . . . .	29
Figura 16 – Gestão de sistema para controle dos usuários e professores. . . . .	29
Figura 17 – Fórum para discussão de conteúdos. . . . .	30
Figura 18 – Processo de captura das respostas do usuário, seguido pela análise de desempenho e recomendação de conteúdo, caso este último se faça necessário. . . . .	32
Figura 19 – Pacote App e pacote Controller. . . . .	33
Figura 20 – Diagrama de componentes da seção de estudo. . . . .	36
Figura 21 – Diagrama de componentes do questionário. . . . .	37

Figura 22 – Diagrama de componentes do fórum. . . . .	37
Figura 23 – Diagrama de implantação do sistema. . . . .	38
Figura 24 – Diagrama das tabelas empregados no banco de dados. . . . .	39
Figura 25 – Telas iniciais: (a) tela para seleção da rede, (b) tela inicial, (c) menu da tela inicial. . . . .	40
Figura 26 – Informações da tela inicial: (a) quadro com informações do projeto, (b) resumo das funcionalidades, (c) equipe responsável e (d) área para contato. . . . .	41
Figura 27 – Telas de <i>login</i> e cadastro: (a) tela de <i>login</i> , (b) tela de cadastro e (c) mensagem de conclusão de cadastro. . . . .	42
Figura 28 – Tela de perfil do usuário: (a) foto de perfil, nome, <i>email</i> e botão para atualizar informações; (b) opção para alteração de senha e (c) menu de acesso às funcionalidades da aplicação. . . . .	43
Figura 29 – Telas da seção de estudo: (a) tela de seleção dos temas, (b) tela de seleção dos tópicos e (c) tela de seleção das imagens. . . . .	43
Figura 30 – Tela com as informações da imagem: (a) título, texto e imagem; (b) botões de acesso às magnificações e (c) imagem aberta em <i>zoom</i> máximo. . . . .	44
Figura 31 – Tela com as magnificações: (a) magnificação de 4x, (b) magnificação de 10x e (c) magnificação de 40x. . . . .	45
Figura 32 – Tela do questionário: (a) exemplo de questão do questionário, (b) botão para enviar respostas do questionário, (c) mensagem de recomendação, (d) tela de correção e (e) tela de resultados. . . . .	46
Figura 33 – Telas do fórum: (a) tela que lista mensagens trocadas pelo fórum, (b) caixa para inserção de pergunta e (c) caixa para inserção de resposta. . . . .	47
Figura 34 – Seção para cadastro de temas (categorias) por meio da API. . . . .	48
Figura 35 – Seção para cadastro de tópicos (subcategorias) por meio da API. . . . .	48
Figura 36 – Seção para cadastro de imagens por meio da API. . . . .	49
Figura 37 – Campos para inserção de informações sobre as imagens por meio da API. . . . .	49
Figura 38 – Seção para cadastro de questões por meio da API. . . . .	50
Figura 39 – Página do administrador para geração de usuários e controle de permissões na API. . . . .	50

# Lista de abreviaturas e siglas

API	Application Programming Interface
CSS	Cascading Style Sheets
H&E	Hematoxilina e Eosina
HTML	HyperText Markup Language
JPEG	Joint Photographic Experts Group
MVC	Model-View-Controller
PHP	PHP: Hypertext Preprocessor
SQL	Structured Query Language

# Sumário

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>12</b>
<b>1.1</b>	<b>Objetivos</b>	<b>13</b>
1.1.1	Geral	13
1.1.2	Específicos	13
<b>1.2</b>	<b>Organização do Trabalho</b>	<b>14</b>
<b>2</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b>	<b>15</b>
<b>2.1</b>	<b>Mobile Learning</b>	<b>15</b>
<b>2.2</b>	<b>Histologia</b>	<b>17</b>
2.2.1	Preparação de Tecidos para Exame Microscópico	18
2.2.2	Digitalização das Imagens	18
<b>2.3</b>	<b>Software</b>	<b>19</b>
<b>2.4</b>	<b>Trabalhos Correlatos</b>	<b>21</b>
<b>3</b>	<b>DESENVOLVIMENTO</b>	<b>25</b>
<b>3.1</b>	<b>Construção do Banco de Imagens</b>	<b>25</b>
<b>3.2</b>	<b>Funcionalidades</b>	<b>26</b>
3.2.1	Casos de Uso	26
3.2.1.1	Atores	27
3.2.1.2	Pacotes	27
3.2.2	Questionário	30
3.2.3	Análise de Desempenho e Recomendação de Conteúdo	30
<b>3.3</b>	<b>Visão geral dos arquivos</b>	<b>33</b>
3.3.1	Pacote App	33
3.3.2	Pacote Controller	34
<b>3.4</b>	<b>Implementação</b>	<b>35</b>
3.4.1	Componentes da seção de estudo	36
3.4.2	Componentes do questionário	37
3.4.3	Componentes do fórum	37
<b>3.5</b>	<b>Implantação</b>	<b>37</b>
<b>3.6</b>	<b>Tecnologias Utilizadas</b>	<b>38</b>
<b>4</b>	<b>RESULTADOS</b>	<b>40</b>
<b>4.1</b>	<b>Apresentação</b>	<b>40</b>
<b>4.2</b>	<b>Estudante</b>	<b>42</b>
<b>4.3</b>	<b>Docente e Administrador</b>	<b>47</b>

<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO</b> . . . . .	<b>51</b>
<b>5.1</b>	<b>Desafios Encontrados</b> . . . . .	<b>51</b>
<b>5.2</b>	<b>Trabalhos Futuros</b> . . . . .	<b>52</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b> . . . . .	<b>53</b>

# 1 Introdução

Com os avanços tecnológicos, o ser humano vem enfrentando um dos maiores desafios do século XXI, denominado mudança constante (termo em inglês, *constant change*). Para formar pessoas que tenham a capacidade de se alinhar a essas mudanças, o sistema de ensino em geral e as instituições de ensino tradicionais, em particular, devem propor novas abordagens no processo de ensino e aprendizagem (HAMIDI; CHAVOSHI, 2018). Com o advento dos dispositivos móveis: *notebooks*; *smartphones* e *tablets*; e devido a ampliação do acesso à internet no Brasil e no mundo, estudiosos têm observado, cada vez mais, o poder desses dispositivos na aquisição de novos conhecimentos (GON; RAWEKAR, 2017).

O *mobile learning* é uma das inovações propostas nesse processo e explora o ensino por meio do uso de diferentes tipos de mídia nos dispositivos móveis. Isso oferece grandes oportunidades para educação, especialmente para os mais jovens, pois eles têm demonstrado cada vez mais interesse por esses dispositivos (GEDIK et al., 2012). Além disso, essa abordagem possibilita fornecer conteúdos por meio do uso de facilidades computacionais. O aprendizado independente, estudo autodirigido, estudo em qualquer local e a qualquer momento são estratégias exploradas com o uso dessa abordagem, conforme relatam Hamidi e Chavoshi (2018).

No estudo apresentado por Klímová (2018), o autor explorou o uso do *mobile learning* no ensino. Os resultados revelaram que o *mobile learning* tem se tornado uma importante ferramenta na aquisição de novos conhecimentos pelos estudantes. Da mesma forma, os autores do trabalho de Arain et al. (2018) investigaram a influência dessa ferramenta no aprendizado de estudantes de graduação. Em seu estudo, um aplicativo para *smartphones Android* desenvolvido, implementou, dentre outras funcionalidades, testes de múltipla escolha para investigar o desempenho dos estudantes em disciplinas específicas do curso.

Essas informações mostram que o uso de aplicativos como ferramenta de aprendizado pelos estudantes tem se popularizado nos países desenvolvidos, onde, há algum tempo, o poder das mídias digitais na consolidação do conhecimento dos estudantes vem sendo explorado. No entanto, grande parte desses aplicativos estão na língua inglesa, a maioria deles são pagos e o pagamento é cobrado em moeda americana (STARK, 2012).

Também torna-se necessário propor sistemas que permitam a recomendação de conteúdos educacionais aos estudantes, levando em consideração informações personalizadas com base no perfil do usuário. Segundo relatório publicado pela ACT Inc. (Jan. 16, 2015), o uso de ferramentas de apoio à educação, que produzam informações a partir do perfil dos estudantes, permite identificar conceitos que eles não assimilaram. Tais informações podem servir como base para recomendações personalizadas, auxiliando no aperi-

moramento do aprendizado. Em (OLIVEIRA, 2011), o autor ainda destaca que soluções como fóruns de discussões em ambientes virtuais de aprendizado podem contribuir para criação de ambientes verdadeiramente colaborativos, possibilitando consolidar o aprendizado.

No Brasil, a disciplina de Histologia é oferecida aos cursos de graduação das áreas das Ciências da Saúde, Biológicas e Biomédicas, e apresenta caráter teórico e prático. A dinâmica de ensino do conteúdo prático se baseia no estudo de imagens histológicas dos diferentes tecidos e órgãos presentes no corpo humano. Para isso, utiliza-se o microscópio de luz, o qual permite aos estudantes visualizarem, em um corte histológico, a organização histo-arquitetural dos diferentes tecidos e órgãos.

Hoje, nessa disciplina, as imagens digitalizadas são usadas preferencialmente pelos professores durante a exposição do conteúdo teórico, por meio do uso de projetores. No entanto, as aulas práticas ainda se concentram no manuseio de microscópios pelos estudantes e na interpretação de imagens impressas em papel quando microscópios não estão disponíveis, assim como ocorre dentro do Departamento de Biologia Celular, Histologia e Embriologia do Instituto de Ciências Biomédicas da Universidade Federal de Uberlândia (ICBIM). Dessa maneira, torna-se relevante propor um aplicativo que permita aos estudantes de Histologia acessarem conteúdos vistos em sala de aula a partir de qualquer local, flexibilizando o estudo da disciplina.

## 1.1 Objetivos

### 1.1.1 Geral

Desenvolver um aplicativo, para *smartphones Android*, com conteúdo da disciplina de Histologia, a fim de ser usado como uma alternativa à complementação do conteúdo passado pelos professores em sala de aula. Além disso, a ferramenta deve fornecer uma resposta em relação aos conhecimentos adquiridos, como também permitir compartilhá-los de forma colaborativa.

### 1.1.2 Específicos

- Desenvolver um aplicativo, para *smartphones Android*, com conteúdo teórico e prático da disciplina de Histologia, baseado em imagens histológicas dos quatro tecidos básicos: epitelial, conjuntivo, muscular e nervoso;
- Implementar um sistema de questionário composto por questões de múltipla escolha, com perguntas que associem o conteúdo teórico da disciplina às imagens histológicas disponíveis no aplicativo;

- Apresentar o desempenho do usuário de acordo com os resultados obtidos ao responder o questionário;
- Realizar uma recomendação de conteúdo para sugerir uma revisão caso o estudante não tenha obtido desempenho satisfatório ao responder o questionário;
- Implementar um fórum de perguntas e respostas, a fim de permitir uma maior interação entre os usuários.

## 1.2 Organização do Trabalho

Neste capítulo, foram apresentadas as considerações iniciais, motivação e objetivos para o desenvolvimento do trabalho proposto. O restante deste documento está organizado da seguinte forma:

- **Capítulo 2 - Fundamentação Teórica:** apresenta a teoria e estado da arte de tópicos relacionados a Histologia, aplicativos empregados e *mobile learning*;
- **Capítulo 3 - Desenvolvimento:** apresenta os materiais e métodos utilizados para o desenvolvimento deste trabalho, sendo eles: descrição do banco de imagens histológicas e descrição das etapas de desenvolvimento do aplicativo;
- **Capítulo 4 - Resultados:** apresenta as principais telas do aplicativo, com uma breve discussão sobre ele;
- **Capítulo 5 - Conclusões:** descreve as conclusões e informações sobre os futuros tópicos a serem investigados.

## 2 Fundamentação Teórica

Neste capítulo são apresentados conceitos fundamentais para o entendimento deste trabalho. Como ele aborda temas de duas áreas distintas, Computação e Biologia, esses temas são apresentados neste capítulo de forma introdutória.

### 2.1 Mobile Learning

Encontrar uma definição adequada para o termo *mobile learning* ou simplesmente *m-learning*, não deve ser considerada uma tarefa trivial. Tais designações têm sido utilizadas, de maneira abrangente, para relacionar dispositivos computacionais móveis a conceitos específicos da área da Educação, tais como ensino e aprendizagem. No entanto, esse termo tem sido usado na literatura de forma não sistemática. Ele surge nas definições, relacionado às tecnologias móveis voltadas para Educação, caracterizado como um canal educativo alternativo, por meio do qual os estudantes podem estudar a partir de qualquer local, conforme descrito por [Grant \(2019\)](#). Para [Gedik et al. \(2012\)](#), o *mobile learning* caracteriza-se como uma nova forma de aquisição de conhecimento e um tipo de *distance learning* mais próximo do *e-learning*, definidos a seguir:

- ***distance learning***: “é uma modalidade de educação mediada por tecnologias em que discentes e docentes estão separados espacial e/ou temporalmente, ou seja, não estão fisicamente presentes em um ambiente presencial de ensino-aprendizagem.” ([WIKIPÉDIA, 2019c](#));
- ***e-learning***: “corresponde a um modelo de ensino não presencial apoiado em Tecnologia de Informação e Comunicação.” ([WIKIPÉDIA, 2019b](#)).

Em conformidade com as definições supracitadas, [Quinn \(2000\)](#) descreveu o *mobile learning* como sendo a interseção entre a computação móvel e o *e-learning*. Segundo o autor, esse recurso permite fornecer aos estudantes um suporte poderoso para que eles consigam alcançar o aprendizado efetivo. Tudo isso em função da capacidade da ferramenta em fornecer, dentre outras coisas, acesso a conteúdo em qualquer local, interatividade, recursos de pesquisa robustos, além de avaliação baseada em desempenho. Vários outros autores também definiram o *mobile learning* por meio da sua relação com o *distance learning* e o *e-learning*. [Liu, Han e Li \(2010\)](#); [Uğur, Koç e Koç \(2016\)](#); [Ozuorcun e Tabak \(2012\)](#) e [Ting \(2013\)](#) são alguns deles. Todos esses autores defendem a mesma ideia, apresentada por [Quinn \(2000\)](#), de que o *mobile learning* caracteriza-se como a inter-

seção entre a computação móvel e o *e-learning*, o que pode ser representado pela Figura 1.

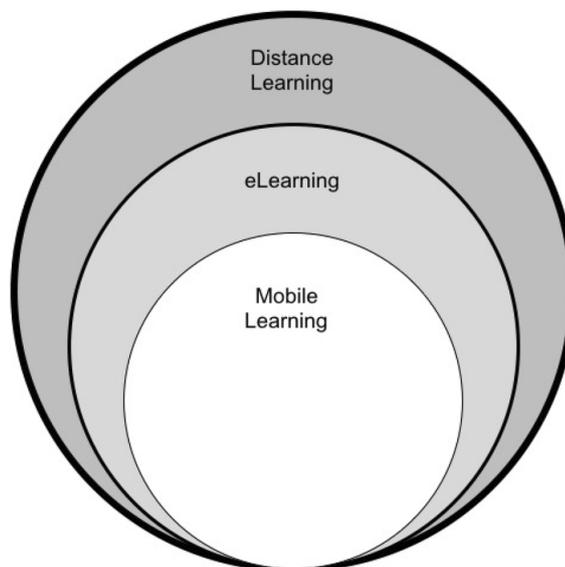


Figura 1 – *Mobile learning* como a interseção entre o *distance learning* e o *e-learning* (GRANT, 2019).

O pesquisador So (2010), no entanto, apresentou em seu trabalho um questionamento às definições de *mobile learning* feitas por Quinn (2000). Neste caso, So (2010) sugere que o *mobile learning* e o *e-learning* são assuntos independentes relacionados a *distance learning*. De acordo com ele, esses assuntos compartilham características específicas e, ao mesmo tempo, apresentam aspectos particulares. A Figura 2 ilustra essa ideia apresentada por So (2010).

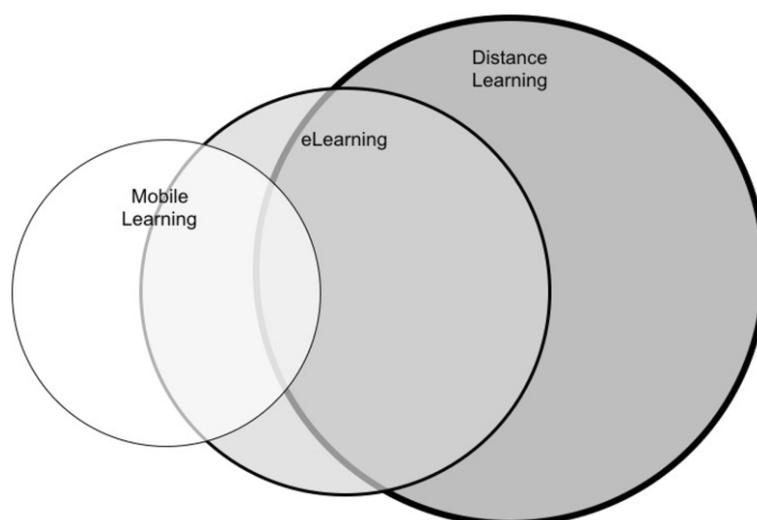


Figura 2 – *Mobile learning*, *e-learning*, *distance learning* e as interseções entre eles (GRANT, 2019).

O fato é que o crescimento de dispositivos móveis é cada vez mais significativo, e seu uso na educação, bem como no aprendizado pessoal, está se tornando cada vez mais

impactante (GRANT, 2019). Segundo Krotov (2015), o *mobile learning* também permite abordar uma série de problemas educacionais enfrentados por indivíduos nascidos na geração do milênio. De acordo com ele, o século XXI caracteriza-se por mudanças constantes e pela oferta incessante de produtos e serviços. Nesse sentido, um ambiente de aprendizado móvel e interativo pode oferecer oportunidades de aprendizagem como nunca antes visto. Os dados apresentados no parágrafo seguinte dão uma noção do quanto o crescimento do número desses dispositivos é considerável no contexto brasileiro.

Conforme divulgado pelo Estadão, no Brasil, a população tem hoje dois dispositivos digitais por habitante, dentre os quais listam-se: *notebooks*, *smartphones* e *tablets*. Entre eles, os *smartphones* se destacam. Segundo levantamento divulgado pela Escola de Administração de Empresas da Fundação Getúlio Vargas de São Paulo (FGV-EAESP) no dia anterior à publicação da matéria que trata o assunto pelo Estadão, há 230 milhões de dispositivos sendo usados no país, enquanto que o número de computadores (*notebooks/desktops*) e *tablets*, chega a apenas 180 milhões. Essa pesquisa ainda mostra que houve um aumento de 10 milhões, em relação a 2018, no número de *smartphones* ativos no país.

Isso permite destacar que, a cada dia, mais usuários estarão conectados por meio de dispositivos móveis, e o uso desse recurso na educação pode ser um ponto importante para o aprimoramento de conhecimentos e avanço nas oportunidades de aprendizado.

## 2.2 Histologia

Histologia (do grego *hystos* = tecido + *logos* = estudo) pode ser definida como sendo o estudo dos tecidos e de como eles se organizam para constituírem os órgãos (JUNQUEIRA; CARNEIRO, 2013). Histologia não se restringe apenas ao estudo dos tecidos da espécie *Homo sapiens*, mas sim ao estudo dos tecidos de todos os animais, como também vegetais. Além de disso, essa área abrange as células, as estruturas particulares dos tecidos, os órgãos e os sistemas de órgãos (GARTNER; HIATT, 2012).

O estudo de Histologia apoia-se na análise visual de tecidos e órgãos. Em função disso e devido a pequena dimensão das células, faz-se necessário ao estudo de Histologia a utilização de microscópios. Ao se estudar Histologia, espera-se que o estudante possa compreender a inter-relação entre a estrutura e função dos tecidos, por meio de sua visualização (GARTNER; HIATT, 2012).

Existem diferentes tipos de microscopia, para o estudo de tecidos é utilizada a microscopia de luz. No microscópio de luz (também chamado de microscópio óptico ou fotônico) a imagem se forma a partir de raios luminosos, que atravessam um espécime iluminado e são refletidos por lentes internas. Por esse motivo, esses espécimes devem ser delgados. O procedimento mais usado no estudo de tecidos ao microscópio de luz consiste na preparação de cortes histológicos (JUNQUEIRA; CARNEIRO, 2013).

### 2.2.1 Preparação de Tecidos para Exame Microscópico

Para análise ao microscópio, os tecidos devem ser preparados, a fim de preservar e permitir a análise de sua estrutura. Desta maneira, os tecidos devem ser submetidos a alguns procedimentos, sendo eles: fixação, desidratação, inclusão, corte, reidratação e coloração. Tais procedimentos são detalhados a seguir:

- **Fixação:** após sua remoção do corpo, células ou fragmentos de tecidos e órgãos devem ser submetidos a um processo chamado fixação, para evitar a digestão dos tecidos por enzimas existentes nas próprias células e preservar sua estrutura e composição molecular (JUNQUEIRA; CARNEIRO, 2013);
- **Desidratação:** para passar pela etapa de inclusão, a água contida nos tecidos deve dar lugar à parafina, portanto, deve-se usar soluções para desidratação dos tecidos (JUNQUEIRA; CARNEIRO, 2013);
- **Inclusão:** para obter secções delgadas dos tecidos e órgãos, após a fixação e desidratação, eles são infiltrados com substâncias que lhes proporcionam uma consistência rígida, no caso parafina, formando-se blocos (JUNQUEIRA; CARNEIRO, 2013);
- **Corte:** como na maioria dos casos os tecidos e órgãos são espessos e não possibilitam a passagem adequada da luz para a formação de uma imagem (JUNQUEIRA; CARNEIRO, 2013), então, devem ser fatiados (por isso diz-se corte histológico), usando-se um micrótomo (ver Figura 3). O bloco de parafina formado na inclusão é fatiado, gerando cortes finos de 5 a 10  $\mu\text{m}$  (GARTNER; HIATT, 2012);
- **Reidratação:** os cortes são transferidos para lâminas de vidro revestidas com material adesivo (por isso diz-se lâmina histológica), a parafina é removida utilizando-se xilol e o tecido é reidratado em ordem inversa à usada para desidratação;
- **Coloração:** para que possam ser analisados ao microscópio, a maioria dos cortes histológicos deve ser corada, porque, salvo raras exceções, os tecidos são incolores (JUNQUEIRA; CARNEIRO, 2013). A Hematoxilina e Eosina (H&E) são os corantes mais utilizados no preparo de lâminas histológicas. A hematoxilina é responsável por corar os componentes ácidos das células e tecidos em azul, enquanto a eosina cora os componentes básicos em rosa (GARTNER; HIATT, 2012).

### 2.2.2 Digitalização das Imagens

A área de atuação da microscopia tem sido ampliada pelo uso de *scanners* digitais e videocâmeras de alta resolução que tornam possível a digitalização de imagens, a fim de serem usadas em computadores para análise por meio de aplicativos. Objetos que não são visíveis diretamente pelo sistema ocular podem ser visualizados por uma videocâmera.

Esses sistemas também são úteis para estudar células vivas por períodos longos, porque usam luz de baixa intensidade e evitam o dano celular que pode resultar de uma iluminação intensa (JUNQUEIRA; CARNEIRO, 2013). As imagens mostradas nas Figuras 4a e 4b são exemplos de imagens histológicas obtidas a partir de *scanners* digitais. A coloração em tons de rosa e azul vem da H&E, como já mencionado.



Figura 3 – Micrótomo para cortar tecidos incluídos em parafina. Acionando-se a manivela (à direita da figura), o bloco contendo o fragmento de tecido sobe e desce. Após cada volta da manivela, o bloco avança uma distância definida (geralmente 1 a 10  $\mu\text{m}$ ) e, ao passar pela navalha, deixa uma fatia do tecido (JUNQUEIRA; CARNEIRO, 2013).

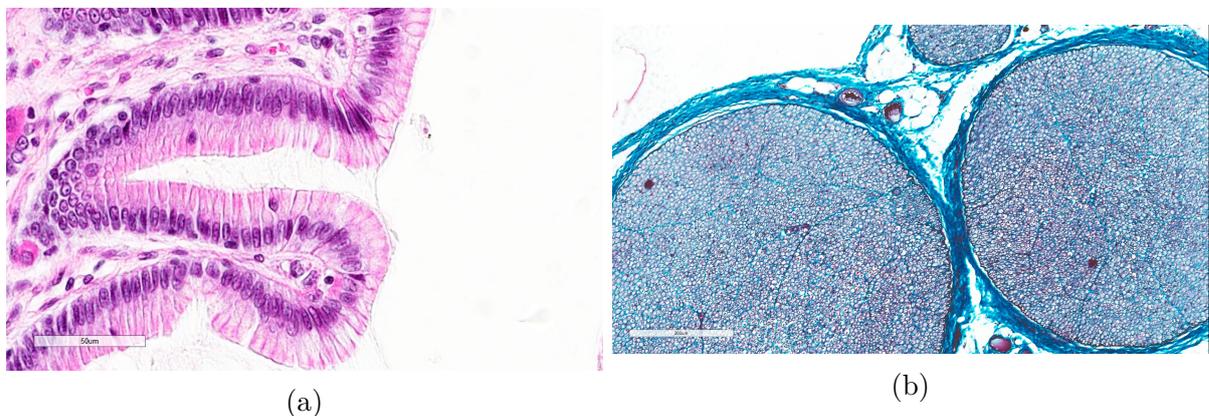


Figura 4 – Imagens histológicas digitais retiradas do acervo do ICBIM: (a) tecido epitelial simples colunar em aumento de 40x, (b) secção transversal de nervo em aumento de 40x.

## 2.3 Software

Hoje em dia, o *software* assume um duplo papel no cotidiano das pessoas, o de produto e, ao mesmo tempo, o de veículo, usado para distribuir produtos. Como produto, fornece o potencial computacional do *hardware* que abstrai, seja esse *hardware* um

*smartphone*, um *mainframe* ou até mesmo uma rede inteira de outros dispositivos. Como veículo, o *smartphone* distribui o produto mais importante de nossa era, a informação, fornecendo os meios para acessá-la sob todas as suas formas (PRESSMAN, 2011).

*Softwares* são desenvolvidos, passando por um processo de engenharia, não são fabricados no sentido clássico. Embora existam algumas similaridades entre o desenvolvimento de *software* e a fabricação clássica de produtos, as duas atividades são fundamentalmente diferentes. Dessa forma, projetos de *software* não podem ser geridos como se fossem projetos de fabricação, devendo passar por um processo organizado de desenvolvimento (PRESSMAN, 2011).

O processo de desenvolvimento de *software* é um conjunto de atividades de trabalho, ações e tarefas, realizadas quando deseja-se criar um *software*. A realização dessas atividades, ações e tarefas, segue uma metodologia de processo, que lhes organizam em 5 etapas: comunicação, planejamento, modelagem, construção e entrega, por vezes também denominada emprego (PRESSMAN, 2011).

Na etapa de comunicação, a intenção é entender os objetivos dos interessados na criação do *software*, a fim de definir suas funções e características. O planejamento serve para estabelecer um cronograma de trabalho, além de recursos necessários, prováveis riscos etc. Na modelagem, cria-se um esboço da coisa, a fim de se entender as particularidades do *software*. Na construção são empregadas atividades mais técnicas, gerando resultados e testando-os em seguida. Na entrega o *software* é entregue ao cliente, que avalia o produto e fornece um *feedback* (PRESSMAN, 2011).

Um importante aspecto do desenvolvimento de *software*, denominado fluxo de processo, descreve como essas etapas estão inter-relacionadas e são seguidas durante o desenvolvimento. Diferentes modelos de desenvolvimento de *software* adotam diferentes fluxos de processo. O modelo cascata (ver Figura 5) é o mais antigo deles e sugere uma abordagem sequencial e sistemática para o desenvolvimento de *software*, seguindo um fluxo de processo linear (ver Figura 6) (PRESSMAN, 2011).

No entanto, por uma série de razões, em especial pela impossibilidade de fornecer entregas parciais aos clientes durante o processo de desenvolvimento, o modelo cascata tem perdido espaço para modelos que implementam filosofias incrementais e iterativas. As filosofias incrementais combinam o fluxo de processo linear (ver Figura 6) ao paralelo (ver Figura 7), já as iterativas adotam o fluxo de processo iterativo (ver Figura 8). Esse modelo permite gerar parciais entregáveis, que os clientes podem avaliar e essas avaliações acabam servindo para refinar o *software* desenvolvido, atendendo melhor a expectativa dos clientes e facilitando o trabalho da equipe de desenvolvimento (PRESSMAN, 2011).

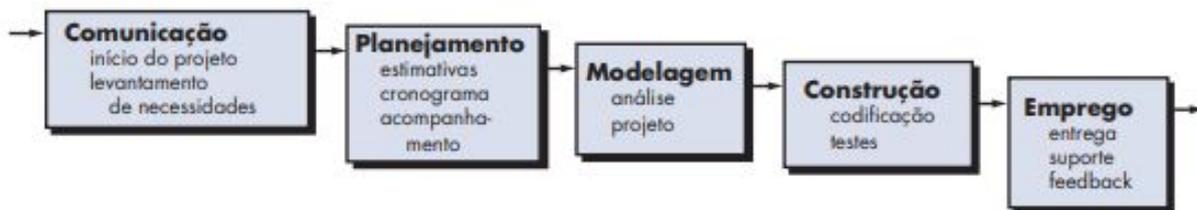


Figura 5 – O modelo cascata (PRESSMAN, 2011).



Figura 6 – Fluxo de processo linear (PRESSMAN, 2011).

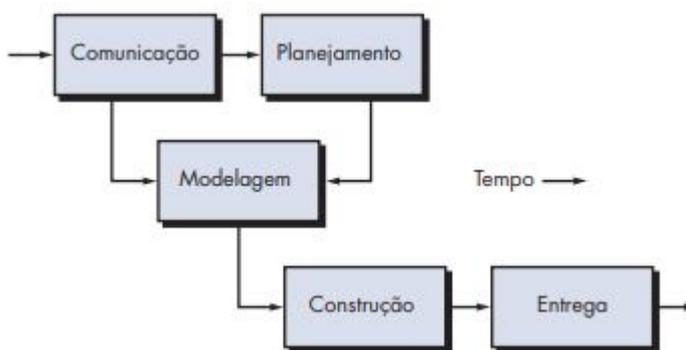


Figura 7 – Fluxo de processo paralelo (PRESSMAN, 2011).

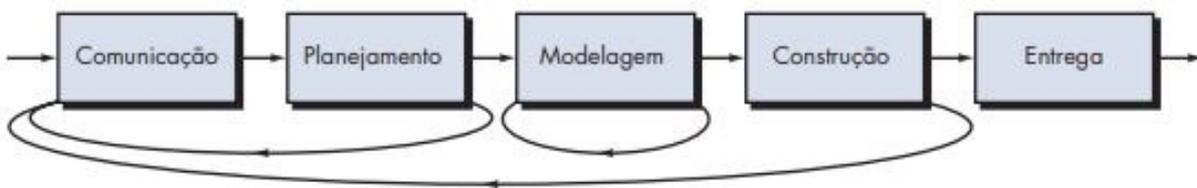


Figura 8 – Fluxo de processo iterativo (PRESSMAN, 2011).

## 2.4 Trabalhos Correlatos

Atualmente, é possível encontrar no mercado *softwares* que possuem uma proposta semelhante a do aplicativo apresentado neste trabalho. O *AnatLab Histology*, desenvolvido pela *Eolas Technologies Inc.*, e o *Histology: USMLE Q&A Review*, desenvolvido pela *Higher Learning Technologies Inc.*, são exemplos interessantes de aplicativos que seguem a mesma linha do aplicativo exposto por meio deste trabalho.

O *AnatLab Histology* é um aplicativo com mais de 80.000 usuários no mundo. Essa ferramenta é uma espécie de atlas digital (ver Figura 9a) que comporta imagens histológicas de diferentes tecidos (ver Figura 9b) em alta resolução, as quais são carregadas em ambiente de computação em nuvem e acessadas pelos usuários por meio do aplicativo. Dessa forma, os usuários podem ter acesso a uma vasta coleção de imagens histológicas

para consulta e estudo (EOLAS Inc., 2019a). Os estudantes podem explorar toda a região microscópica através das opções de *zoom* disponíveis (ver Figura 9c).

A empresa *Eolas Technologies Inc.* foi uma das precursoras da *web cloud application*, tendo lançado a primeira aplicação em nuvem no ano de 1993 (EOLAS Inc., 2019b). Estando bem colocada no ramo de soluções em nuvem desde o surgimento da área, essa empresa soube aproveitar bem os recursos da computação em nuvem para armazenamento tanto dos dados de seus usuários quanto de sua própria base de dados de imagens.

Apesar de ser bastante interessante e cumprir com excelência a proposta que promete, o *AnatLab Histology* tem algumas restrições importantes, sendo elas:

- não fornecer demais funcionalidades a seus usuários, restringindo-se somente à disponibilização de imagens histológicas para análise;
- não apontar as estruturas e regiões de interesse;
- não fornecer descrições das imagens conforme detalhes na Figura 10;
- além disso o aplicativo encontra-se em língua inglesa e não fornece alternativas para os usuários que não possuem o domínio dessa língua, o que pode ser uma barreira para os estudantes brasileiros (ver Figura 10).

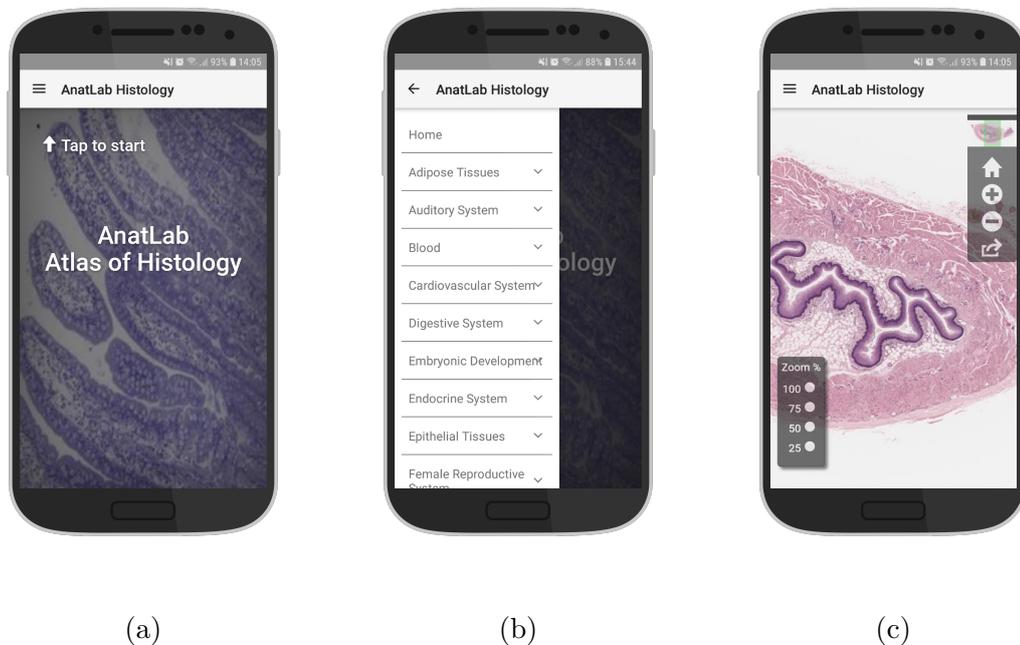


Figura 9 – Aplicativo *AnatLab Histology*: (a) tela principal, (b) menu com os tecidos disponíveis, (c) exemplo de imagem disponível para análise no aplicativo.

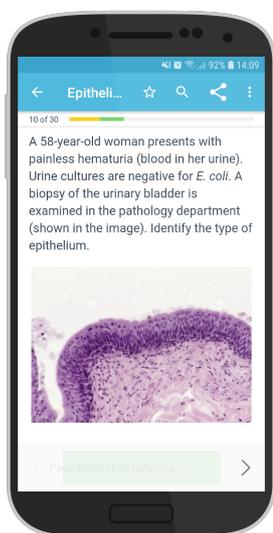
Figura 10 – Avaliações do *AnatLab* na *Play Store*.

O *Histology: USMLE Q&A Review*, por outro lado, é um aplicativo focado em questionários de Histologia. O conteúdo fornecido pela aplicação é baseado no livro didático: *Lippincott's Illustrated Q & A Review of Histology*.

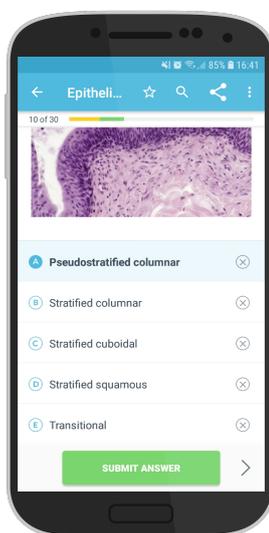
Essa outra solução apresenta conceitos chave da moderna estrutura e função dos tecidos, por meio de questões cuja redação descreve cenários aos quais esses conceitos são aplicados no processo de investigação histológica (ver Figuras 11a e 11b). A maioria das questões associam, além de uma contextualização e perguntas, uma imagem de corte/lâmina do respectivo tecido (ZHANG; FENDERSON, 2019).

O aplicativo conta com várias questões de múltipla escolha de diversos tecidos e sistemas. Um exemplo pode ser observado na Figura 11c. Além disso, essa ferramenta permite que os usuários criem seus próprios *quizzes*, com a quantidade de questões que desejarem e sobre os tópicos que preferirem. Seu acervo conta com mais de 480 imagens histológicas (ZHANG; FENDERSON, 2019).

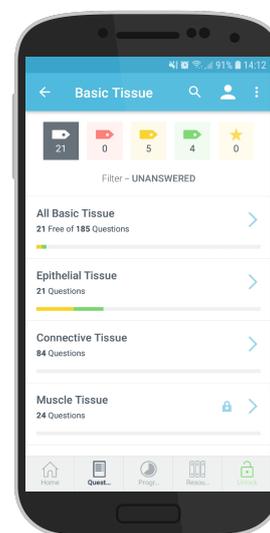
Apesar de todos os aspectos positivos supracitados, a aplicação em questão deixa a desejar em alguns aspectos. A ferramenta não possui uma seção dedicada exclusivamente ao estudo, desvinculada das questões práticas. Também é necessário pagamento de uma licença para acesso integral aos recursos (ver Figura 11d). Além, é claro, de estar em língua inglesa e não fornecer alternativas aos estudantes brasileiros que não possuem o domínio dessa língua.



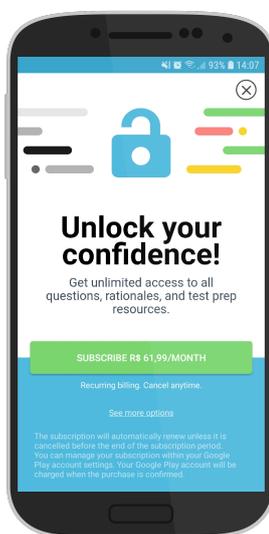
(a)



(b)



(c)



(d)

Figura 11 – Aplicativo *Histology: USMLE Q&A Review*: (a) exemplo de questão do aplicativo, (b) alternativas disponíveis para questão anterior, (c) tecidos e sistemas disponíveis no aplicativo e (d) tela para desbloqueio de recursos.

## 3 Desenvolvimento

Neste capítulo são apresentadas as etapas do desenvolvimento e os diagramas que representam aspectos relevantes da estrutura do sistema, além das tecnologias utilizadas para sua construção.

### 3.1 Construção do Banco de Imagens

O Departamento de Biologia Celular, Histologia e Embriologia do Instituto de Ciências Biomédicas da Universidade Federal de Uberlândia (ICBIM) possui um acervo muito grande de lâminas histológicas, que atualmente são usadas pelos estudantes dos diferentes cursos da área de Ciências da Saúde e afins. Assim sendo, todas as imagens utilizadas no aplicativo foram geradas a partir das lâminas desse acervo. Lâminas com baixa qualidade foram refeitas a partir de material previamente existente e que são usados regularmente para substituição dos materiais em sala de aula. Cabe ressaltar que não foram sacrificados animais para obtenção de material biológico e que não houve coleta de material biológico proveniente de tecidos humanos para esse fim.

As imagens histológicas foram, inicialmente, digitalizadas no *scanner* de lâminas histológicas *Leica*<sup>®</sup>, disponível no Laboratório de Patologia Bucal da Faculdade de Odontologia da UFU. Com o uso do *software ImageScope*<sup>®</sup>, regiões de maior relevância do ponto de vista didático, das imagens digitalizadas, foram selecionadas, capturadas e salvas em arquivo no formato JPEG. Em função disso, todas as imagens utilizadas no aplicativo estão nesse formato. Como os dispositivos móveis são limitados quanto à capacidade de armazenamento, foi utilizado um servidor para armazenar as imagens, dessa forma, consultas são realizadas via *web* e as imagens são descarregadas de acordo com a demanda dos usuários, sem ocupar o espaço de armazenamento de seus *smartphones*.

Nas aulas de Histologia, quando ao microscópio de luz, os estudantes contam com a possibilidade de analisar as lâminas histológicas em diversos aumentos (ampliações), proporcionados pela associação de lentes presentes no microscópio. Os aumentos de 4, 10 e 40 vezes são comumente utilizados. Tendo isso em vista, e levando em consideração que o *software ImageScope*<sup>®</sup> permite capturar *snapshots* em diferentes níveis de magnificação, foi possível realizar capturas em magnificações correspondentes aos aumentos mencionados. Foram geradas imagens dos seguintes tecidos: epitelial, conjuntivo, adiposo, cartilaginoso, ósseo, muscular e nervoso.

Para cada um desses tecidos, foram geradas várias imagens. Essas imagens foram geradas a partir de lâminas histológicas de diferentes órgãos e estruturas biológicas que são constituídas por tais tecidos. Além disso, sempre que possível, para cada uma dessas

imagens foram vinculadas outras imagens, que correspondem, na verdade, a capturas da mesma imagem, realizadas com o auxílio do *software ImageScope*<sup>®</sup>, em diferentes ampliações, a fim de se fazer a correlação com os aumentos utilizados para observação ao microscópio. Estes aumentos permitem focalizar regiões específicas da imagem, onde pode-se observar melhor as características particulares de cada tecido.

Após a seleção e organização das imagens, foi feito o destaque de estruturas, aspectos e características particulares de cada tecido visíveis nas imagens. Isso foi realizado com intuito de facilitar a observação dessas estruturas, aspectos e características pelos usuários. Além disso, textos descritivos a respeito dessas estruturas foram elaborados junto a especialistas e associados aos destaques feitos, a fim de serem exibidos conjuntamente à imagens no aplicativo. Para realização dos destaques nas imagens foi usado o *Microsoft*<sup>®</sup> *PowerPoint*<sup>®</sup> e para elaboração dos textos descritivos o *Microsoft*<sup>®</sup> *Word*<sup>®</sup>.

Por fim, com tudo isso feito, foi utilizada uma *Application Programming Interface* (API), já existente, para realizar o *upload* das imagens, em arquivo no formato JPEG, para o servidor onde todo o conteúdo utilizado pela aplicação está hospedado. Ao todo, foram geradas 146 imagens, das quais 31 são de tecido epitelial, 31 de tecido conjuntivo, 6 de tecido adiposo, 10 de tecido cartilaginoso, 20 de tecido ósseo, 15 de tecido muscular e 33 de tecido nervoso. Vale ressaltar que o número de imagens geradas para cada tipo de tecido não foi o mesmo em função da quantidade de lâminas que havia disponível no acervo.

## 3.2 Funcionalidades

### 3.2.1 Casos de Uso

Na disciplina de Engenharia de Software, um caso de uso representa uma funcionalidade provida pelo sistema, subsistema ou classe, manifestada por sequências de mensagens intercambiáveis entre o sistema e os atores do sistema. Além disso, são amplamente utilizados para representar requisitos funcionais dos sistemas ([WIKIPÉDIA, 2019a](#)).

Os requisitos funcionais definem as funcionalidades a serem providas por um sistema, e são elas que especificam o que um software faz, em termos de tarefas e serviços. Como descrito na engenharia de requisitos, os requisitos especificam resultados particulares de um sistema ([WIKIPÉDIA, 2019d](#)). Nas próximas subseções são apresentados os atores do sistema e os casos de uso. Esses casos de uso são detalhados com objetivo de mensurar os requisitos funcionais.

### 3.2.1.1 Atores

Para descrição dos casos de uso do sistema, torna-se necessário descrever as informações sobre os atores (ver Figura 12). Segue abaixo uma breve descrição de cada um deles, bem como suas possíveis interações com o sistema.

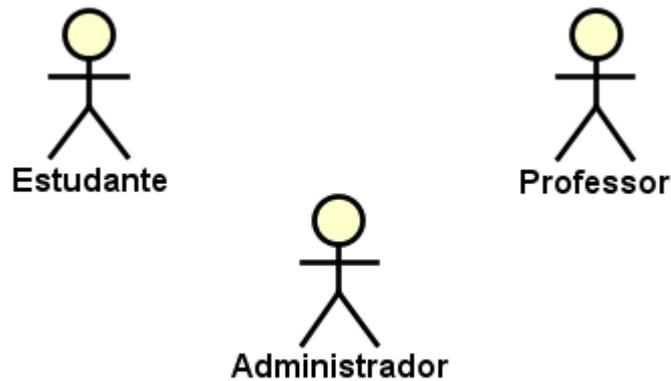


Figura 12 – Representação dos atores para o sistema proposto.

- **Estudante:** usuário principal do sistema, corresponde aos estudantes da disciplina de Histologia que utilizam o aplicativo para complementação dos estudos. Esses usuários podem se cadastrar no sistema, atualizar dados pessoais, acessar o conteúdo didático, responder o questionário, revisar conteúdo, além de utilizar o fórum para interação com demais estudantes;
- **Professor:** são os responsáveis por gerenciar a disciplina (categorias) e todos os seus tópicos (subcategorias), as questões que integram o questionário e as imagens histológicas. Isso é realizado por meio de uma API, utilizada para *upload* de conteúdo;
- **Administrador:** é o responsável por conceder aos professores acesso à API utilizada para realizar *upload* de conteúdo, bem como por definir os níveis de permissão deles sobre o conteúdo da plataforma. Possuem permissão total sobre todo conteúdo disponível no sistema.

### 3.2.1.2 Pacotes

Os casos de uso que contemplam funcionalidades de natureza semelhante estão agrupados em pacotes. No mais, como é o caso do fórum, foram tratados separadamente, a fim de facilitar o entendimento. Segue abaixo o detalhamento de cada um, bem como seus respectivos diagramas:

- **Gerenciamento de Conta:** o sistema permite aos estudantes realizar seu cadastro. Para tal será necessário que o usuário forneça algumas informações pessoais

como nome, foto, *email* e senha. O sistema também permite aos estudantes logar e atualizar as informações cadastradas (ver Figura 13);

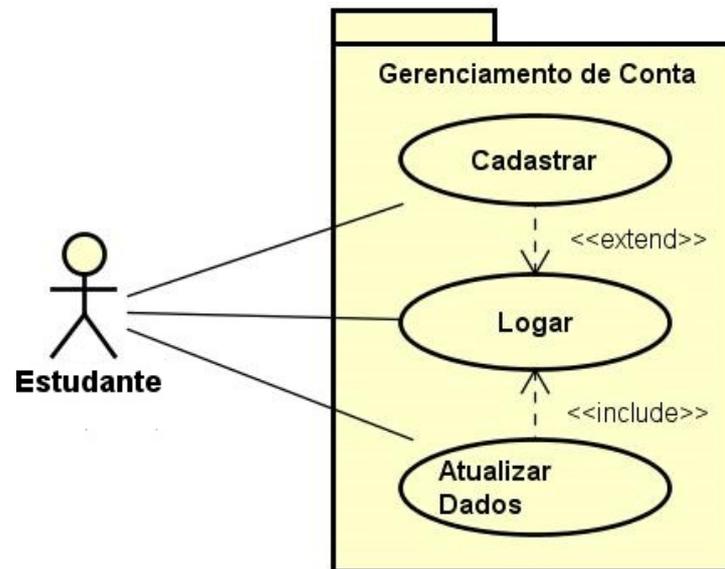


Figura 13 – Gerenciamento de conta dos usuários no sistema.

- **Gestão de Estudo:** o sistema possibilita aos estudantes explorar conteúdos, fornecendo materiais educacionais a serem acessados. Também disponibiliza um questionário para que eles possam responder, além de informá-los a respeito de seu desempenho após a conclusão. Caso não tenham obtido um bom aproveitamento, recomendará a revisão dos tópicos que eles menos acertaram (ver Figura 14);

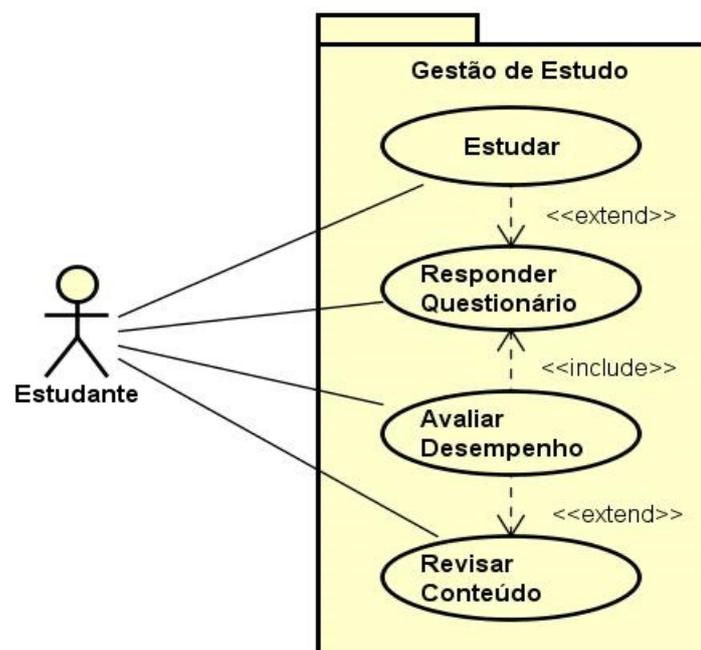


Figura 14 – Gestão de estudo para os estudantes.

- **Gestão de Conteúdo:** um subsistema é utilizado pelos professores para cadastrar conteúdos, como tópicos e questões, e para gerenciar os conteúdos cadastrados (ver Figura 15);

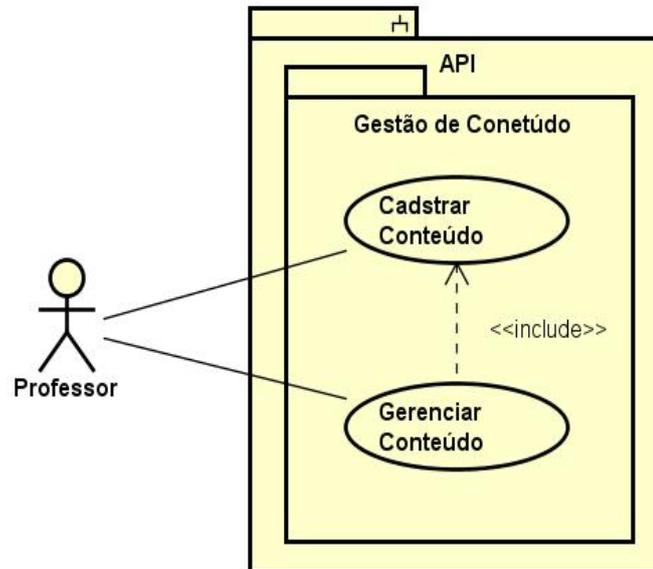


Figura 15 – Gestão de conteúdo, realizado pelo professor.

- **Gestão de Sistema:** o sistema é gerenciado pelo administrador, utilizando um subsistema para criar usuários capazes de administrar conteúdos, para definir os níveis de permissão desses usuários, no caso professores, e para deletar conteúdos (ver Figura 16);

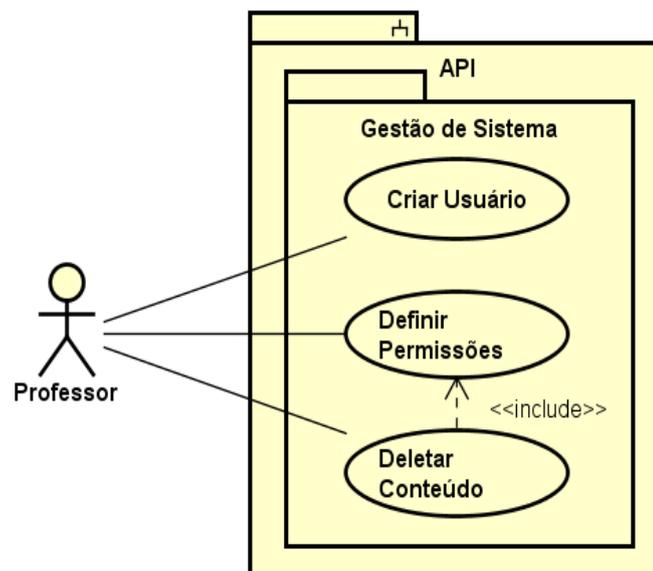


Figura 16 – Gestão de sistema para controle dos usuários e professores.

- **Fórum:** o sistema permite aos estudantes interagir com outros estudantes que utilizam o sistema por meio de um fórum (ver Figura 17).

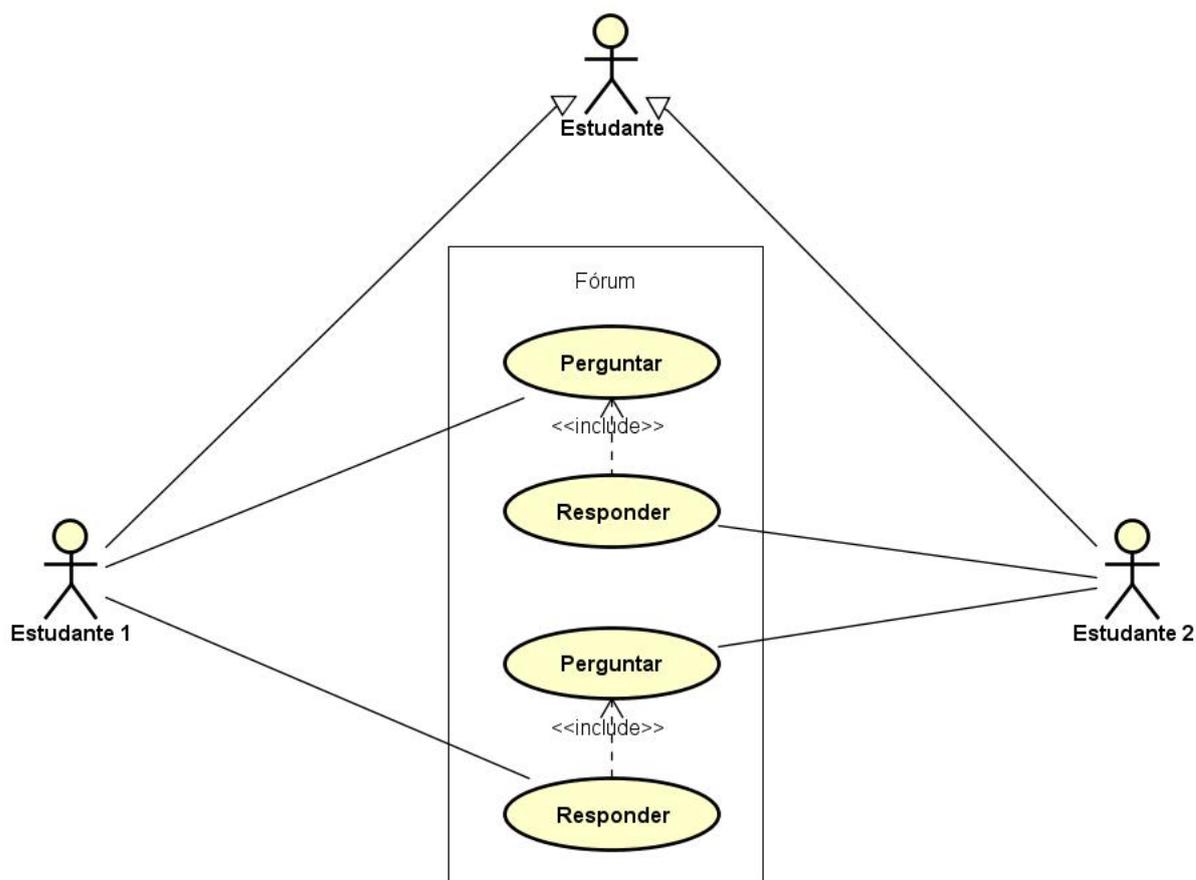


Figura 17 – Fórum para discussão de conteúdos.

### 3.2.2 Questionário

O questionário consiste de uma seleção, individual e aleatória, de 5 questões para os seguintes tópicos (subcategorias): tecido epitelial; tecido conjuntivo; tecido muscular e tecido nervoso. Esses são os principais tecidos estudados na disciplina de Histologia. Tais tópicos (subcategorias) correspondem às divisões didáticas da disciplina, adotadas pelos professores e institutos responsáveis por ministrá-la no intuito de melhor abordar seus conceitos. Portanto, ao final obtém-se um total de 20 questões, 5 de cada tópico (subcategoria), que, além de selecionadas aleatoriamente de um banco de questões previamente elaborado, tanto para cada usuário quanto para diferentes sessões de um mesmo usuário, são exibidas também de forma aleatória.

### 3.2.3 Análise de Desempenho e Recomendação de Conteúdo

A fim de fornecer uma melhor experiência aos usuários, uma vez que eles tenham respondido o questionário, o sistema terá como entrada os dados referentes a essas respostas. Esses dados são então utilizados para avaliar o desempenho dos usuários e fornecer um *feedback* para eles. Após o questionário ser respondido pelo usuário, suas respostas são processadas e seu total de acertos, bem como o tempo gasto para respondê-lo, são

retornados. Junto a eles também são mostradas, para cada questão, a resposta submetida pelo usuário e a resposta correta, para que possam ser conferidas.

Para realização da análise de desempenho, o total de acertos do usuário, para cada tópico (subcategoria), é computado de acordo a métrica: se  $\rho \leq 2$ , tal que  $\rho =$  total de acertos por tópico, então o aproveitamento do usuário será considerado insuficiente, e seu desempenho, abaixo do esperado. Após a resposta ao questionário e o cálculo de seu aproveitamento, será recomendado ao usuário uma revisão dos tópicos (subcategorias) em que ele não obteve um bom desempenho. O diagrama mostrado na Figura 18 exemplifica os passos que indicam como esse processo acontece.

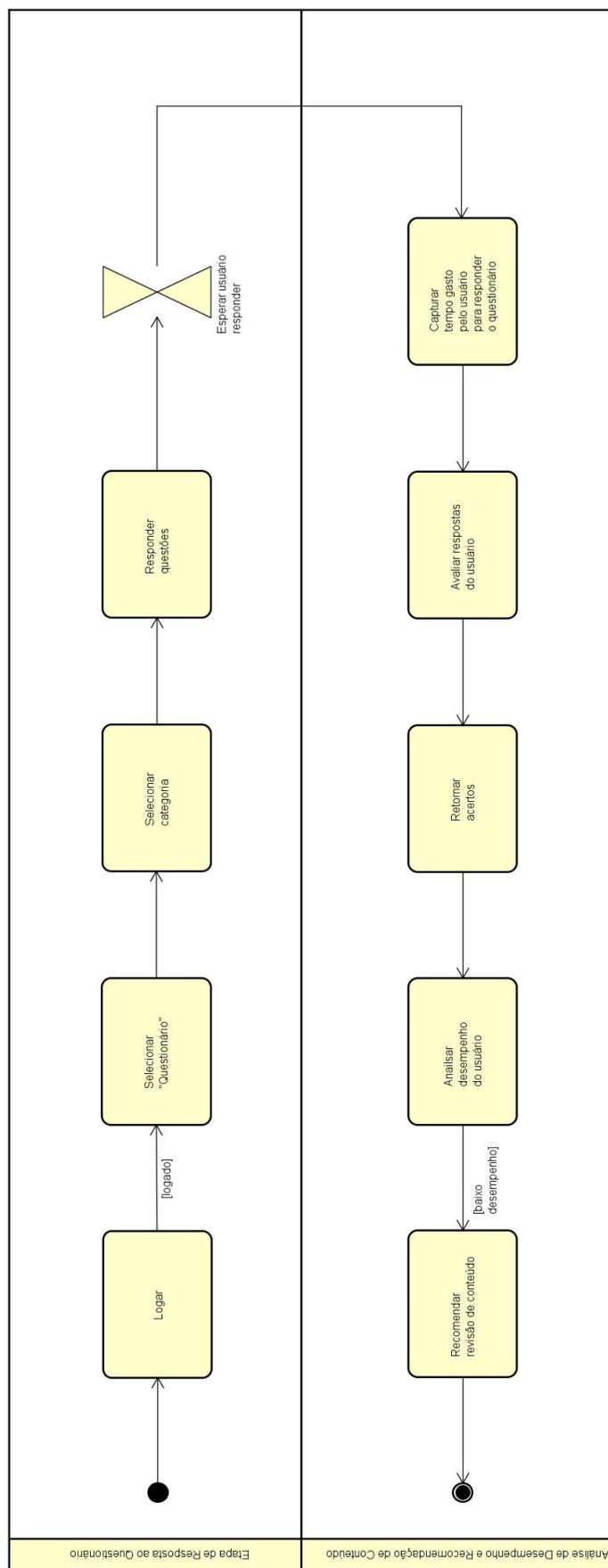


Figura 18 – Processo de captura das respostas do usuário, seguido pela análise de desempenho e recomendação de conteúdo, caso este último se faça necessário.

### 3.3 Visão geral dos arquivos

O sistema possui 2 pacotes de arquivos que são mais relevantes do ponto de vista das funcionalidades do sistema realizadas por meio deles, sendo esses pacotes: app e controller (ver Figura 19). Esses pacotes são apresentados em seguida.

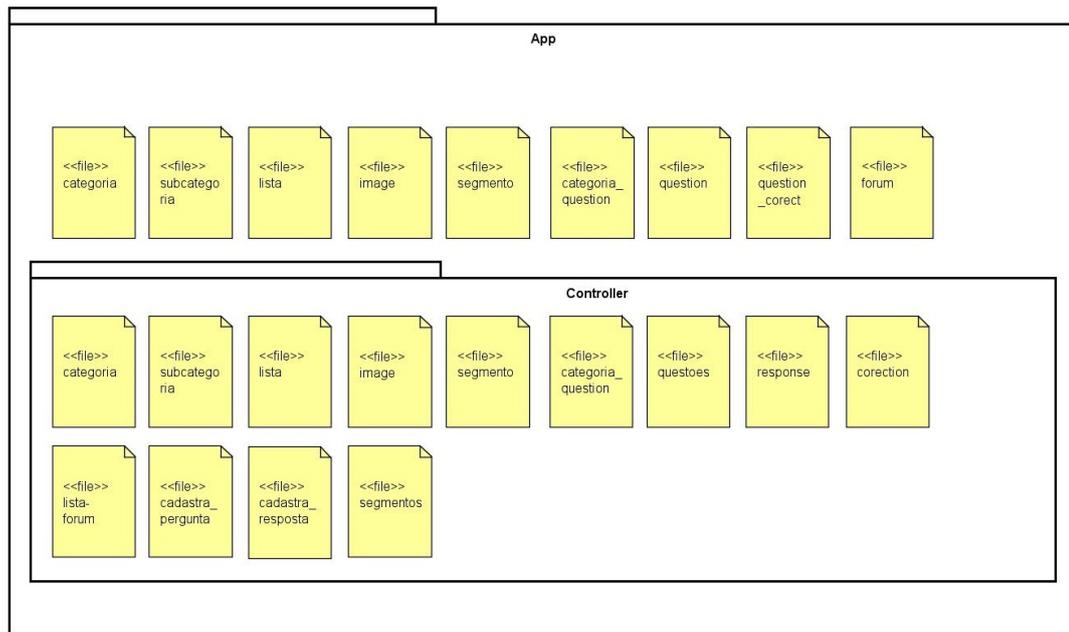


Figura 19 – Pacote App e pacote Controller.

#### 3.3.1 Pacote App

Representa a *view* da aplicação. Nele estão contidos os arquivos responsáveis pelo conteúdo exibido ao usuário na tela da aplicação. Os arquivos que o compõem, e o mais importante, uma descrição sucinta das responsabilidades de cada um deles são descritos a seguir:

- **categoria:** representa a tela que exibe as disciplinas (categorias) disponíveis para estudo;
- **subcategoria:** representa a tela que exibe os tópicos (subcategorias) disponíveis para as disciplinas exibidas na tela anterior;
- **lista:** representa a tela que lista, para o tópico (subcategoria) escolhido, todas as imagens disponíveis;

- **image**: representa a tela que contém as informações da imagem selecionada na etapa anterior, como a respectiva imagem na maior magnificação disponível, um texto descritivo sobre aquela imagem e botões com as demais magnificações disponíveis para essa mesma imagem;
- **segmento**: representa a tela que exibe as informações, como imagem e descrição, da magnificação selecionada na tela anterior;
- **categoria\_question**: representa a tela que exibe as disciplinas (categorias) do questionário;
- **question**: representa a tela que exibe as questões disponíveis no questionário;
- **question\_corect**: representa a tela que exibe as respostas do usuário, as respostas corretas, o total de acertos e o tempo gasto para responder o questionário;
- **forum**: representa a tela que exibe as perguntas e respostas do fórum.

### 3.3.2 Pacote Controller

Esse pacote faz menção a camada *Controller*, do padrão arquitetural *Model-View-Controller* (MVC), pois como ele, esse pacote contém os arquivos responsáveis por processar os dados da aplicação e dos usuários, a fim de repassá-los às telas correspondentes. Os arquivos que o compõem, e o mais importante, uma descrição sucinta das responsabilidades de cada um deles são descritos a seguir:

- **categoria**: responsável por repassar à tela correspondente as disciplinas (categorias) disponíveis;
- **subcategoria**: responsável por repassar à tela correspondente os tópicos (subcategorias) disponíveis;
- **lista**: responsável por repassar à tela correspondente a lista de imagens disponíveis para determinado tópico (subcategoria);
- **image**: responsável por repassar à tela correspondente os dados referentes à imagem selecionada;
- **segmentos**: responsável por repassar à tela representada pelo arquivo `image`, do pacote `app`, as magnificações disponíveis para aquela determinada imagem;
- **segmento**: responsável por repassar à tela correspondente os dados referentes à magnificação selecionada;

- **categoria\_question**: responsável por repassar à tela correspondente as disciplinas (categorias) do questionário;
- **questoes**: responsável por repassar à tela representada pelo arquivo question, do pacote app, as questões do questionário;
- **response**: responsável por processar as respostas do usuário;
- **corection**: responsável por repassar à tela representada pelo arquivo question\_corect, do pacote app, as respostas do usuário;
- **lista-forum**: responsável por repassar à tela representada pelo arquivo forum, do pacote app, as perguntas e respostas do fórum;
- **cadastra\_pergunta**: responsável por capturar e repassar à tela representada pelo arquivo forum, do pacote app, as perguntas enviadas pelos usuários por meio do fórum;
- **cadastra\_resposta**: responsável por capturar e repassar à tela representada pelo arquivo forum, do pacote app, as respostas enviadas pelos usuários por meio do fórum.

## 3.4 Implementação

Nesta etapa são apresentados os componentes mais significativos do ponto de vista da arquitetura. Para facilitar a visualização e o entendimento, esses componentes foram divididos em três diagramas, os quais representam os principais módulos do sistema.

### 3.4.1 Componentes da seção de estudo

O diagrama apresentado na Figura 20 exibe os componentes empregados na seção de estudo. Nessa sessão são disponibilizados os conteúdos para estudo por meio do aplicativo.

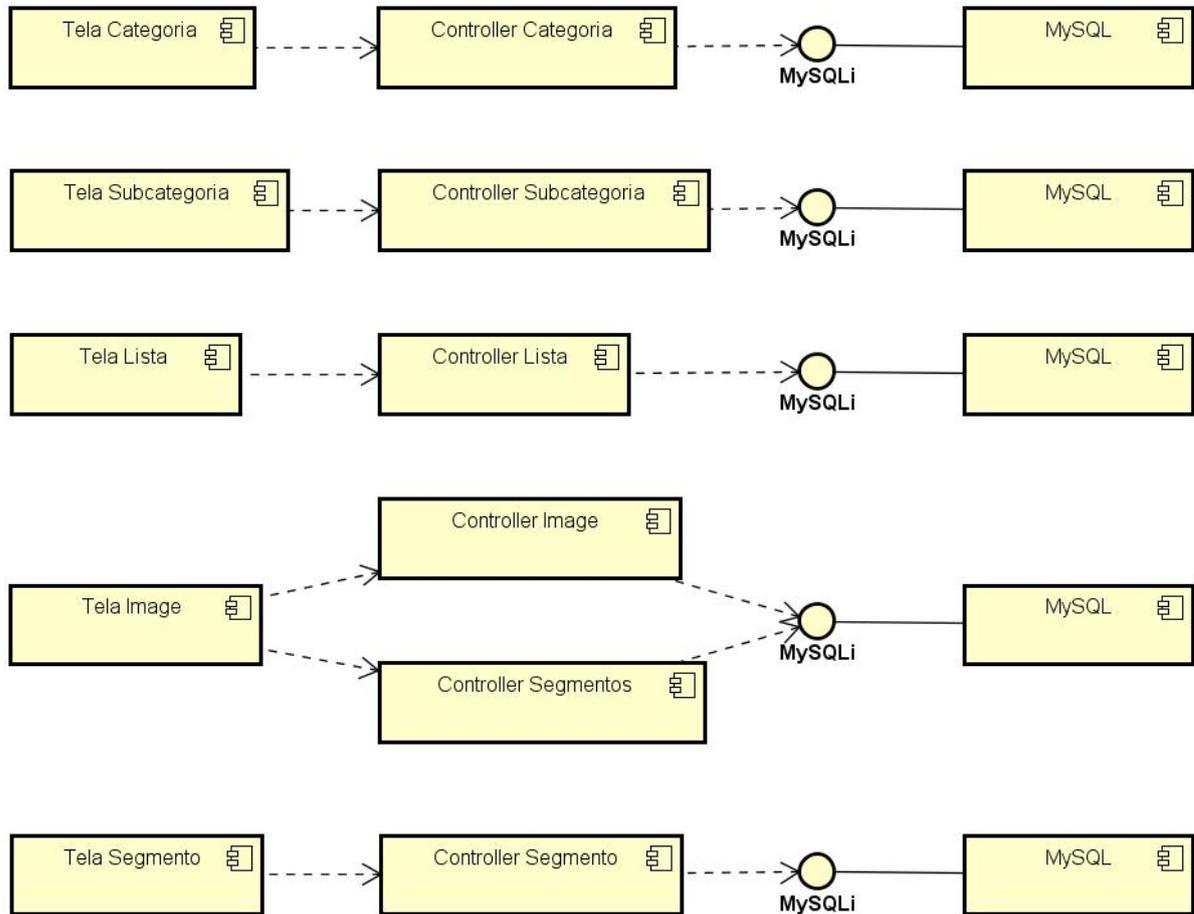


Figura 20 – Diagrama de componentes da seção de estudo.

### 3.4.2 Componentes do questionário

O diagrama apresentado na Figura 21 exibe os componentes empregados no questionário.

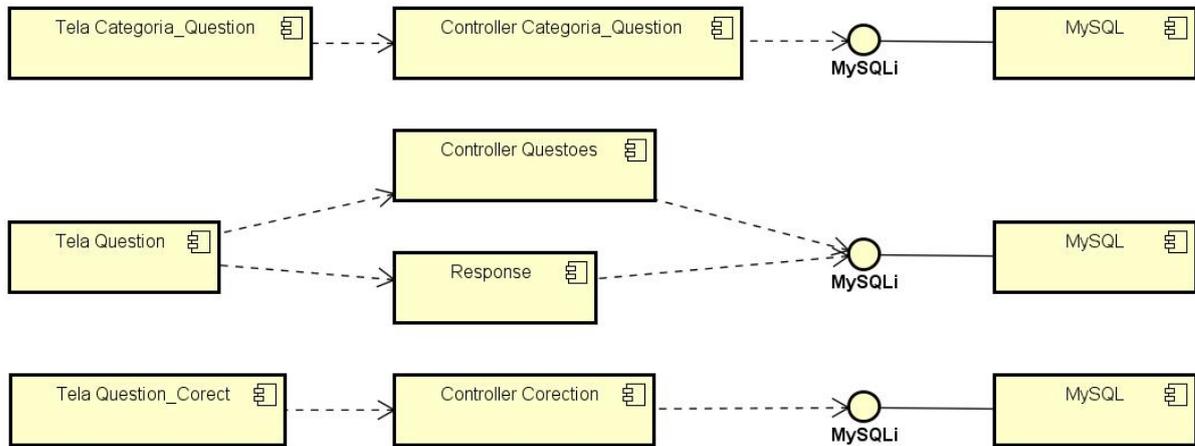


Figura 21 – Diagrama de componentes do questionário.

### 3.4.3 Componentes do fórum

O diagrama apresentado na Figura 22 exibe os componentes empregados no fórum.

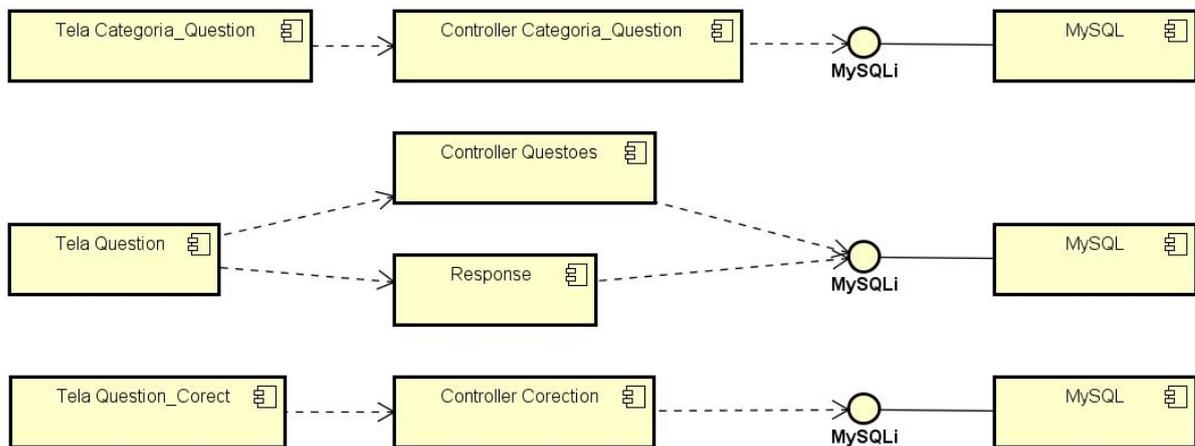


Figura 22 – Diagrama de componentes do fórum.

## 3.5 Implantação

O diagrama de implantação, mostrado na Figura 23, retrata a implantação do sistema:

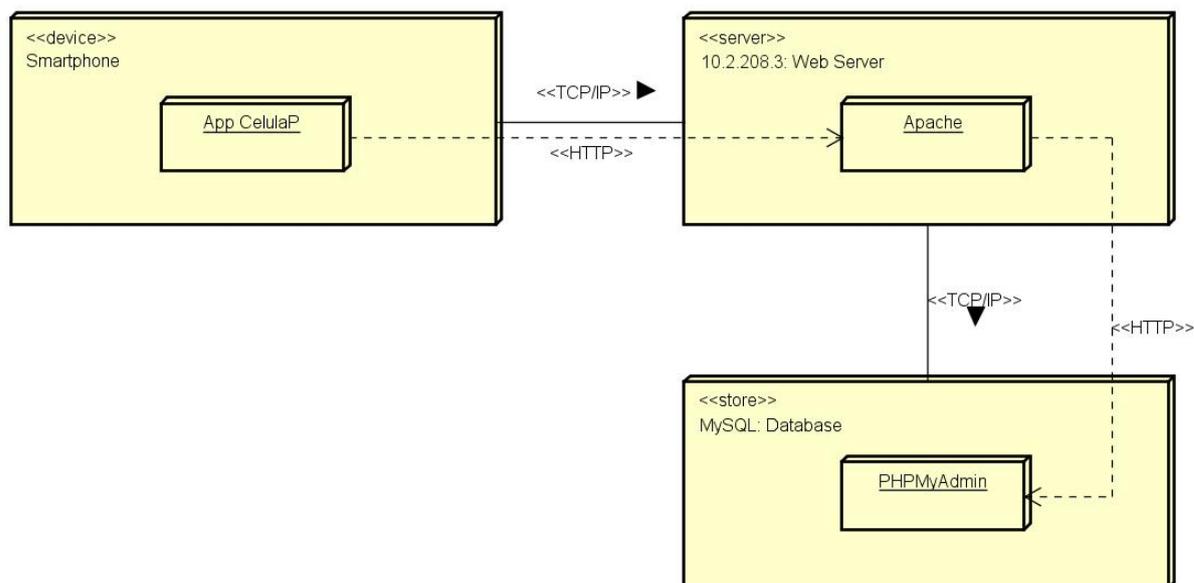


Figura 23 – Diagrama de implantação do sistema.

### 3.6 Tecnologias Utilizadas

O aplicativo foi desenvolvido de maneira híbrida, sendo um projeto *web*, adaptado para plataforma *mobile* com emprego do *framework* `Adobe® PhoneGap®`. Esse *framework* foi utilizado porque ele permite desenvolver aplicações para *Android* utilizando tecnologias empregadas no desenvolvimento *web*. Ele torna isso possível pois implementa funcionalidades que nos fornecem acesso instantâneo aos recursos do dispositivo nativo, sem a necessidade de instalar *plugins* nem compilar nada localmente. Além disso, tendo sido desenvolvido de forma híbrida, ou seja, como um aplicativo *mobile* e um projeto *web*, os usuários de nosso aplicativo poderão utilizá-lo tanto em seus *smartphones* quanto em seus computadores (*notebooks* e *desktops*), ou até mesmo em *tablets*, flexibilizando ainda mais o uso da ferramenta.

Foi utilizada a linguagem de marcação *HyperText Markup Language* (HTML) versão 5.2, para estruturar documentos para plataforma *web*. O mecanismo *Cascading Style Sheets* (CSS) de forma nativa e com a utilização *framework* `Bootstrap®`, para definir aspectos de apresentação das páginas HTML, mas, principalmente, para criação de interfaces responsivas, ou seja, interfaces que se ajustam automaticamente para uma boa exibição em diferentes dispositivos, independentemente das dimensões de sua tela. A criação e interpretação de eventos foi realizada utilizando a linguagem de programação JavaScript, de forma nativa e com a utilização do *framework* `jQuery®`. E a linguagem de programação PHP (acrônimo recursivo para PHP: *Hypertext Preprocessor*) para processamento dos dados e comunicação com o servidor.

Devido a necessidade de armazenar as informações dos usuários, foi utilizado um banco de dados. Portanto, foi necessária sua integração com o restante do sistema. Para tal, utilizou-se a base de dados MySQL e o aplicativo `phpMyAdmin`, um sistema de geren-

ciamento de banco de dados que utiliza a linguagem *Structured Query Language* (SQL) do tipo relacional, bastante popular em aplicações *web*. Quanto à integração com o sistema, a mesma foi realizada com a utilização da linguagem PHP, através das funções e recursos disponíveis para comunicação com o MySQL, no caso a interface MySOLi. O diagrama mostrado na Figura 24 ilustra o esquema do banco de dados utilizado.

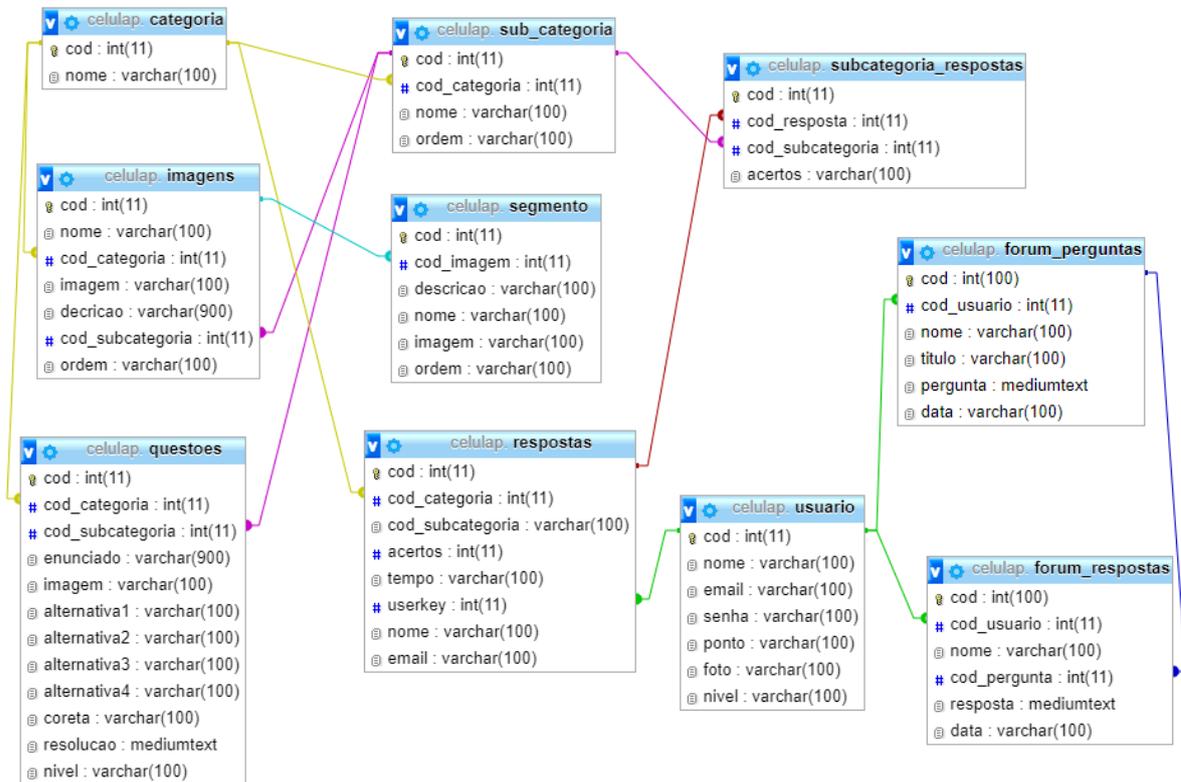


Figura 24 – Diagrama das tabelas empregadas no banco de dados.

## 4 Resultados

Neste capítulo são apresentados os resultados obtidos, no caso os artefatos de *software*, exemplificados pelas telas que representam suas funcionalidades, acompanhadas pela sua respectiva descrição.

### 4.1 Apresentação

Este sistema foi desenvolvido para o estudo de assuntos relacionados a disciplina de Histologia. A ferramenta é composta por áreas (seções) para: estudo, prática e dúvidas. Para uso do sistema, o usuário precisa informar em qual rede está conectado, clicando na imagem com o logo da UFU, caso utilize a rede da instituição, ou na imagem com a legenda acesso externo, caso esteja acessando a partir de outra rede (ver Figura 25a). Ao fazer isso, ele é redirecionado para tela inicial da aplicação, em que no canto superior direito há um ícone de menu (ver Figura 25b). Se selecionar esse menu, um *banner* com opções de navegação disponíveis será exibido para o usuário (ver Figura 25c).

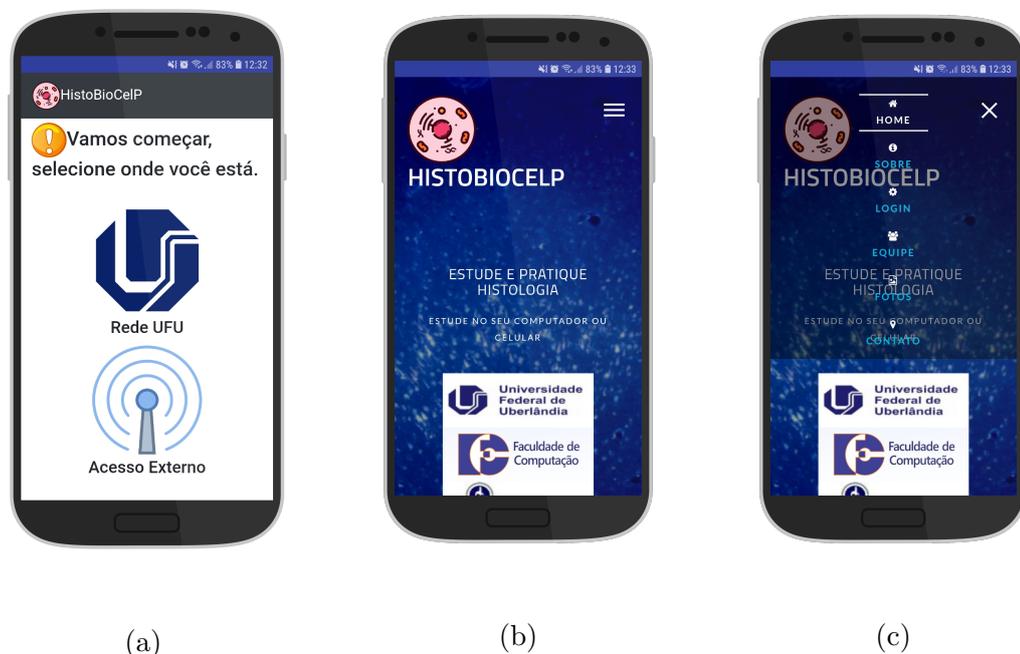


Figura 25 – Telas iniciais: (a) tela para seleção da rede, (b) tela inicial, (c) menu da tela inicial.

Ao navegar pela tela inicial, o usuário pode obter mais informações sobre a aplicação, tais como informações sobre sua criação (ver Figura 26a), detalhes da sua proposta (ver Figura 26b) e a equipe (ver Figura 26c) responsável pelo projeto. Além disso, possui

uma opção para contato (ver Figura 26d), caso os usuários queiram informar a equipe a respeito de um eventual problema ou até dar dicas e sugestões.

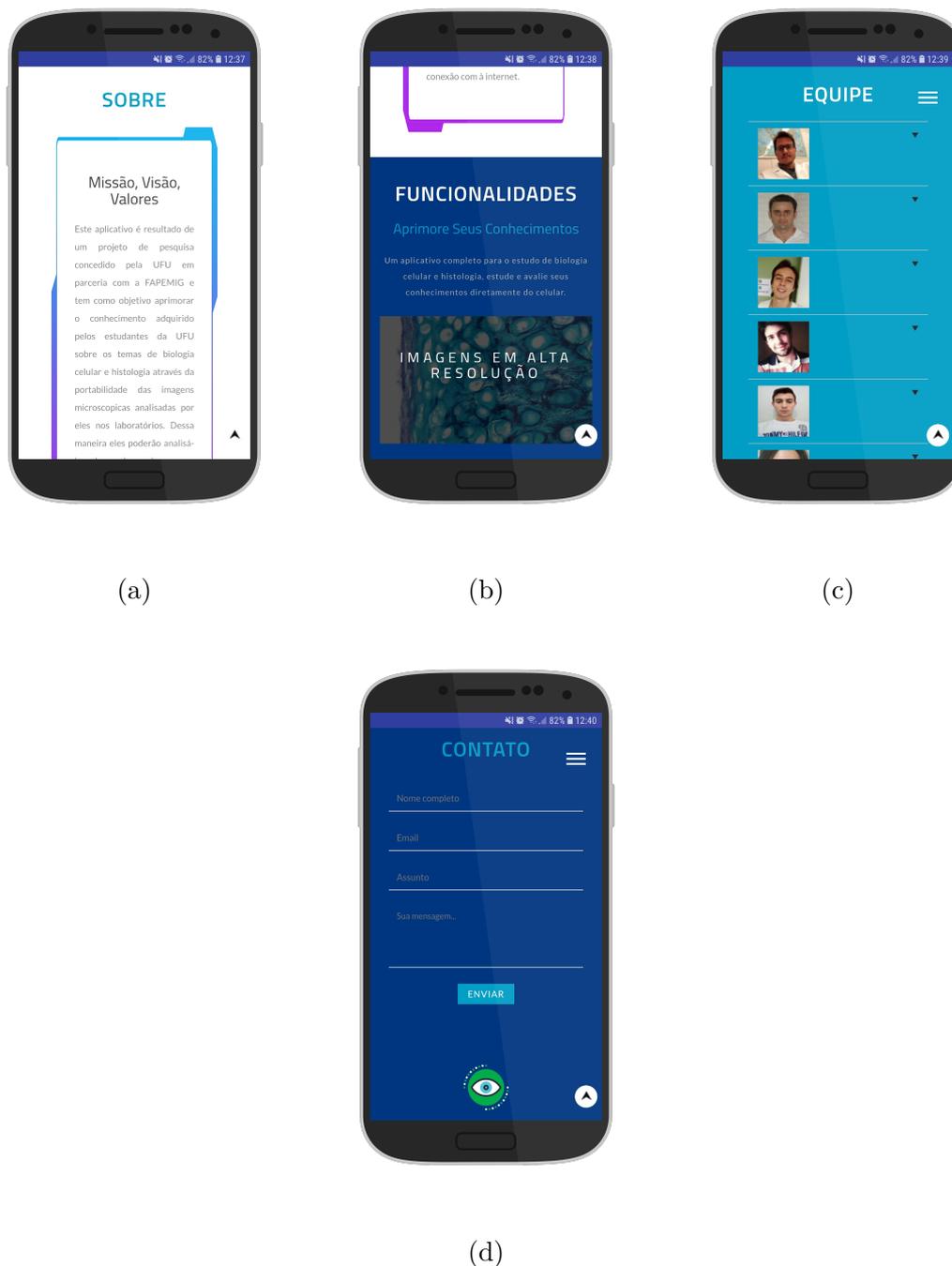


Figura 26 – Informações da tela inicial: (a) quadro com informações do projeto, (b) resumo das funcionalidades, (c) equipe responsável e (d) área para contato.

Para ter acesso aos recursos fornecidos pela aplicação, o usuário deverá autenticar-se, utilizando *email* e senha. Caso ainda não possua cadastro, deverá clicar no botão "Cadastre-se", disponível na tela de *login* (ver Figura 27a). Em seguida, será redirecionado para tela de cadastrado (ver Figura 27b), onde deverá informar alguns dados pessoais. No final desse processo, será novamente redirecionado para tela de *login*, onde uma caixa de diálogo será exibida, informando a conclusão de seu cadastro (ver Figura 27c). Por fim, o usuário deverá fechar a caixa de diálogo e inserir as informações solicitadas para logar e acessar as funcionalidades da aplicação.

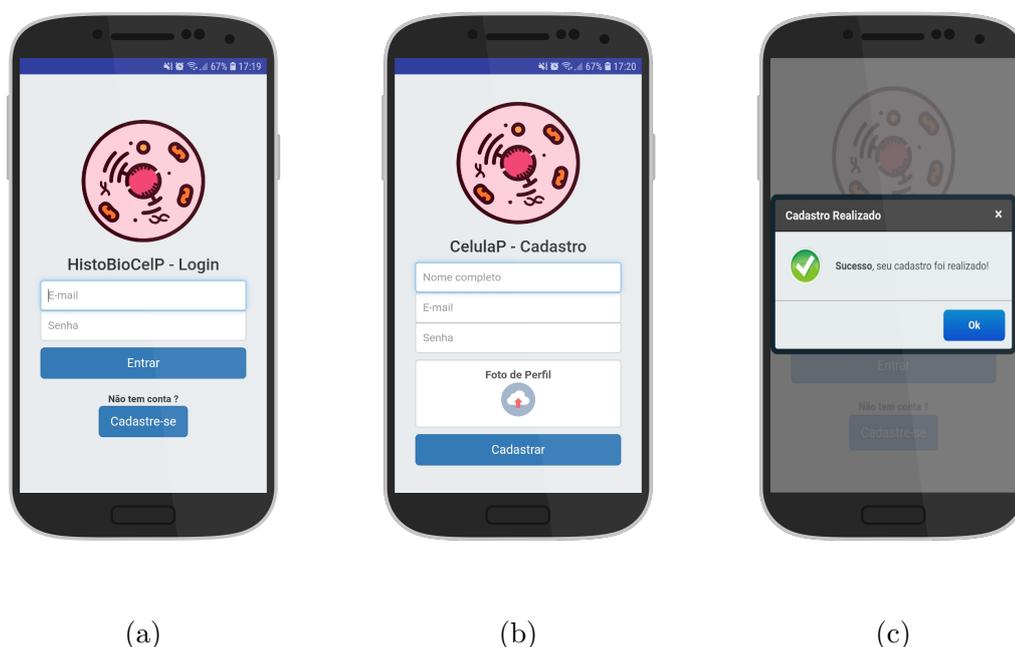


Figura 27 – Telas de *login* e cadastro: (a) tela de *login*, (b) tela de cadastro e (c) mensagem de conclusão de cadastro.

## 4.2 Estudante

Após autenticação no sistema, o usuário é redirecionado para tela de perfil, onde é possível acessar seus dados ou alterá-los caso seja necessário (ver Figuras 28a e 28b). Para acessar as funcionalidades, basta clicar no botão de menu no canto superior direito, que uma lista de opções é apresentada (ver Figura 28c). Para selecionar uma opção, basta clicar sobre seu nome, disponível no menu, que será redirecionado para tela referente àquela opção.

A seção de estudo pode ser acessada por meio da opção "Selecionar tema" do menu, conforme informações apresentadas na Figura 28c. Então, o usuário é redirecionado para tela onde poderá selecionar a disciplina de Histologia por meio do botão "Histologia" (ver Figura 29a). Será exibido uma lista de tópicos da disciplina de Histologia, disponíveis

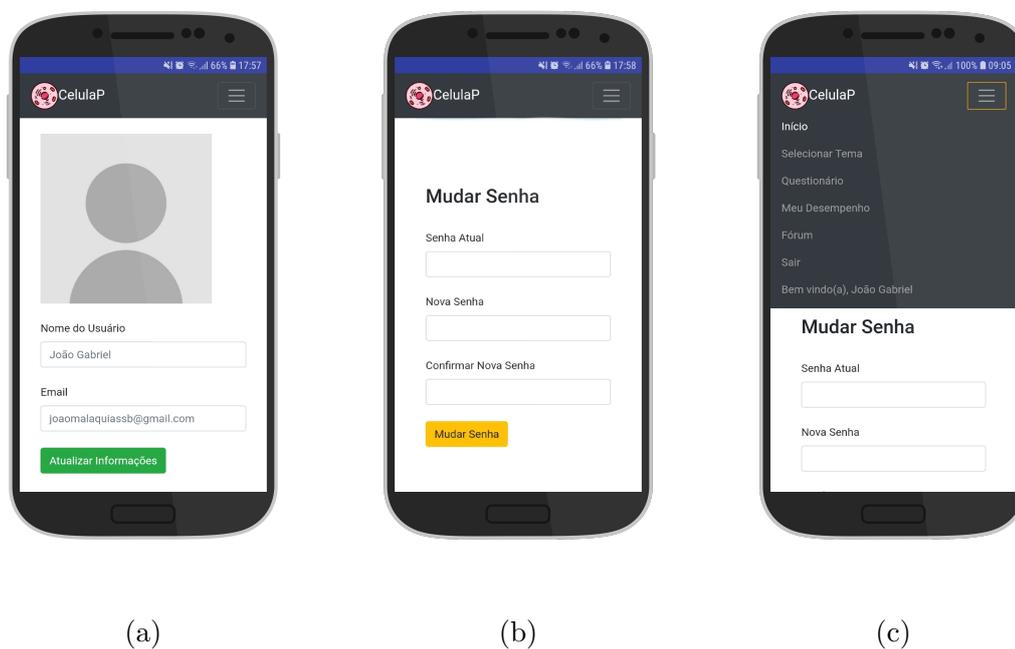


Figura 28 – Tela de perfil do usuário: (a) foto de perfil, nome, *email* e botão para atualizar informações; (b) opção para alteração de senha e (c) menu de acesso às funcionalidades da aplicação.



Figura 29 – Telas da seção de estudo: (a) tela de seleção dos temas, (b) tela de seleção dos tópicos e (c) tela de seleção das imagens.

para estudo por meio da aplicação, conforme Figura 29b. Ao selecionar um tópico, uma lista de imagens relacionadas ao tópico será exibida, como mostrado na Figura 29c.

Após escolher a imagem que deseja estudar e clicar em abrir, o usuário é redirecionado para tela com os detalhes da imagem. Nessa tela, verifica-se a presença de um título e um texto descritivo acerca da imagem, que é dimensionada de acordo com as dimensões da tela do *smartphone* utilizado (ver Figura 30a). Ao deslizar o dedo sobre a tela, é possível acessar os aumentos (magnificações) disponíveis para imagem conforme Figura 30b. Ao clicar sobre a imagem, o usuário terá uma imagem com *zoom* máximo, a fim de facilitar a visualização das estruturas de interesse (ver Figura 30c). Para percorrer as regiões da imagem, basta deslizar o dedo, vertical e horizontalmente, sobre a tela.

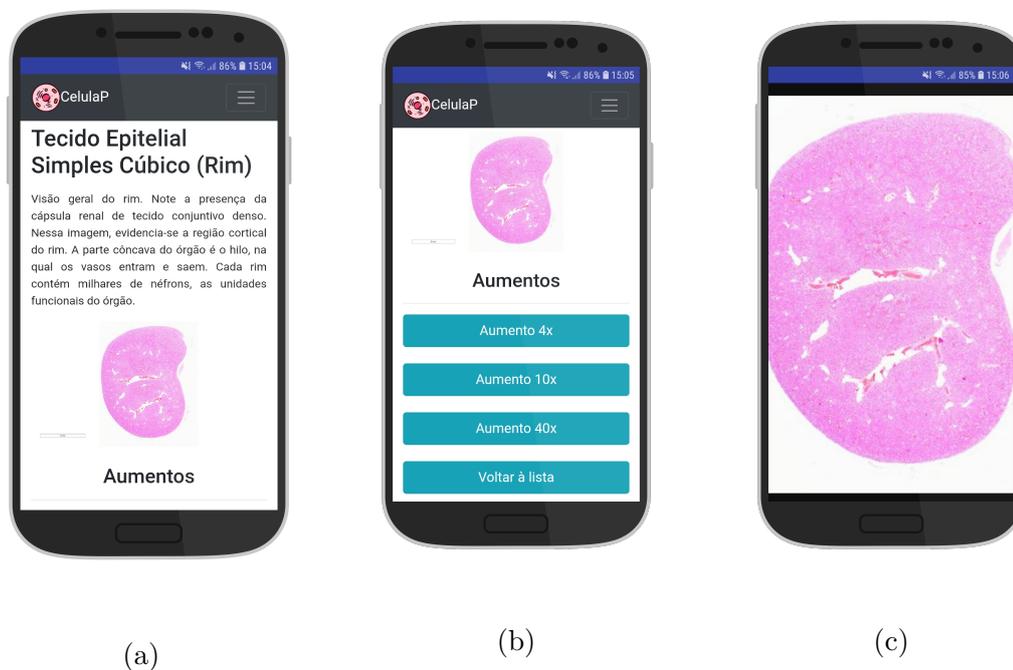


Figura 30 – Tela com as informações da imagem: (a) título, texto e imagem; (b) botões de acesso às magnificações e (c) imagem aberta em *zoom* máximo.

Para maioria das imagens, foi capturada as magnificações de 4x, 10x e 40x. Para acessá-las, basta clicar no botão que indica a magnificação desejada (ver Figura 30b). Nesta escolha, o usuário é redirecionado para tela com as informações da magnificação selecionada. Vale ressaltar que essas magnificações são associadas a uma mesma imagem, selecionada anteriormente. Na tela que exibe as informações de determinada magnificação, também há a opção para acessar as outras magnificações, disponíveis para mesma imagem, conforme mostrado na Figura 31.

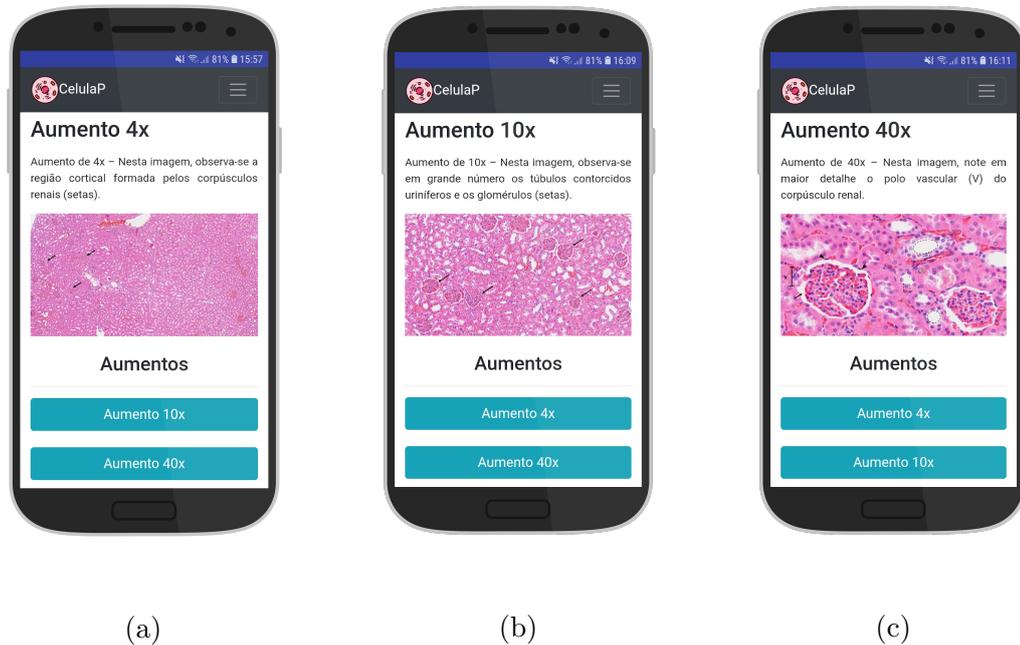
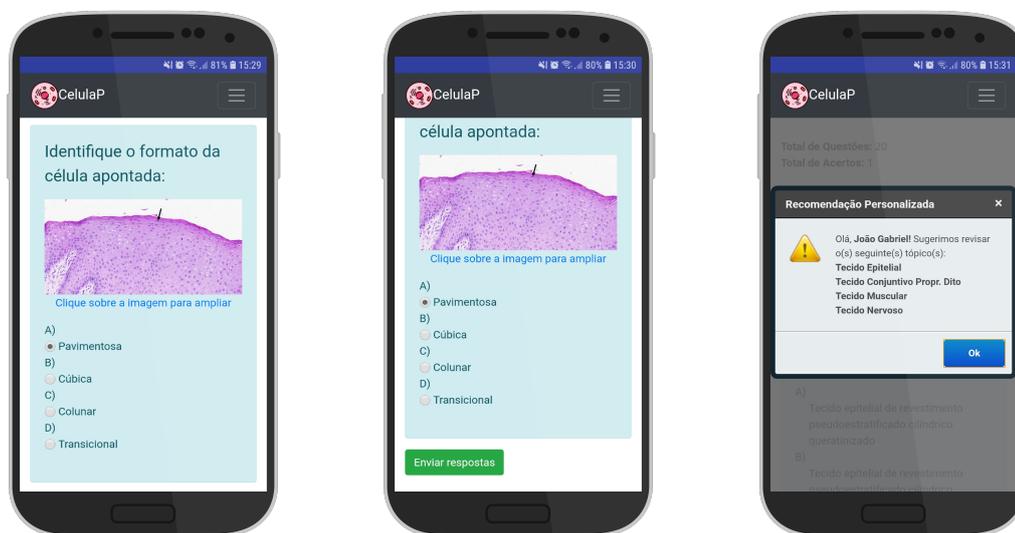


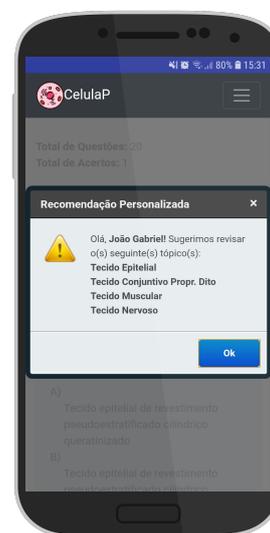
Figura 31 – Tela com as magnificações: (a) magnificação de 4x, (b) magnificação de 10x e (c) magnificação de 40x.

Esta aplicação também permite a seus usuários pôr em prática os conhecimentos obtidos por meio de um questionário (ver Figura 32a). Após o término do questionário o usuário deverá clicar na opção "Enviar respostas" (ver Figura 32b). Em seguida, suas respostas são processadas e ele será redirecionado para tela de correção. Uma mensagem será gerada em forma de *modal* indicando os tópicos que o usuário deve reforçar, caso necessário. Para fechá-la basta clicar em "Ok" (ver Figura 32c). Após clicar poderá visualizar todas as questões respondidas e a alternativa correta, além da sua própria resposta, para fins de conferência (ver Figura 32d). Na parte inferior da tela poderá clicar no botão "Ver Desempenho", que o redirecionará para tela que mostra seu percentual de acertos, total e por tópico, além do número de questões certas e o tempo gasto para responder o questionário (ver Figura 32e).



(a)

(b)



(c)



(d)



(e)

Figura 32 – Tela do questionário: (a) exemplo de questão do questionário, (b) botão para enviar respostas do questionário, (c) mensagem de recomendação, (d) tela de correção e (e) tela de resultados.

A última seção da aplicação diz respeito a dúvidas. Para isso, foi implementado um fórum (ver Figura 33a), que pode ser acessado por meio da opção "Fórum" do menu. Para escrever uma pergunta, basta clicar na opção "Fazer pergunta". As respostas podem ser feitas selecionando-se a pergunta e clicando em "Responder". Nesse momento, uma caixa de texto é aberta para que o usuário possa escrever sua resposta/pergunta. Por fim, para enviar, basta clicar em "Perguntar" ou "Responder", conforme a ação que deseja executar (ver Figuras 33b e 33c).

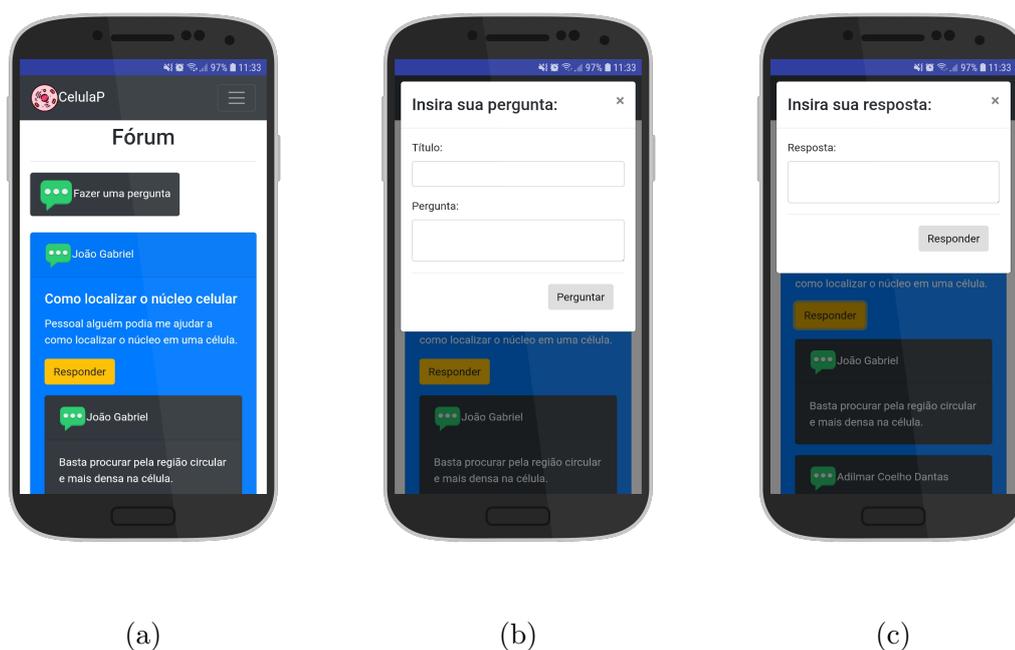


Figura 33 – Telas do fórum: (a) tela que lista mensagens trocadas pelo fórum, (b) caixa para inserção de pergunta e (c) caixa para inserção de resposta.

### 4.3 Docente e Administrador

Os professores podem subir conteúdo para a aplicação por meio da API. Nela podem inserir temas (ver Figura 34) e tópicos (ver Figura 35). Também podem fazer *upload* de arquivos, como por exemplo os arquivos JPEG referentes às imagens, bem como inserir as informações que estarão vinculadas a elas no aplicativo, como nome e descrição (ver Figuras 36 e 37). Além disso, eles podem inserir questões (ver Figura 38). Após cadastradas, todas essas informações poderão ser editadas. As informações cadastradas através dessa API serão automaticamente gravadas no banco de dados. Os professores e o administrador usam o mesmo sistema para realizarem suas tarefas, a diferença é que o usuário professor nesse sistema é criado pelo administrador e suas permissões são gerenciadas por ele (ver Figura 39).

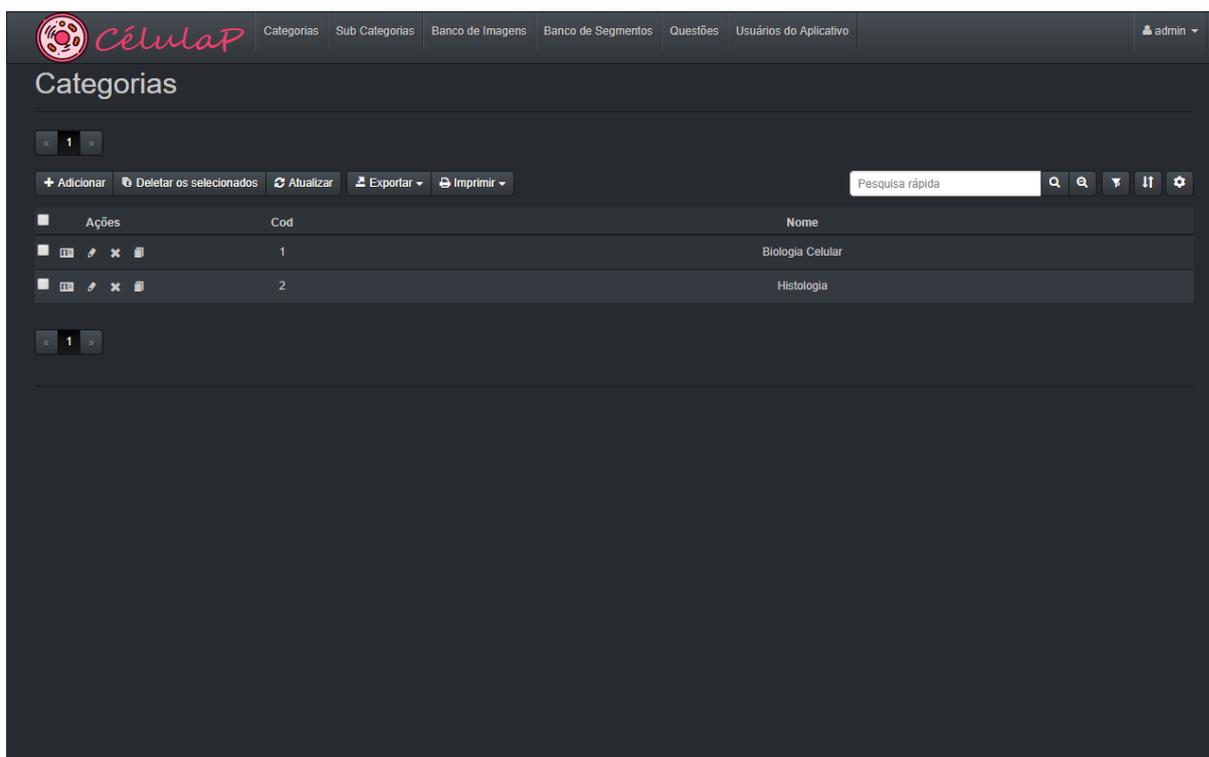


Figura 34 – Seção para cadastro de temas (categorias) por meio da API.

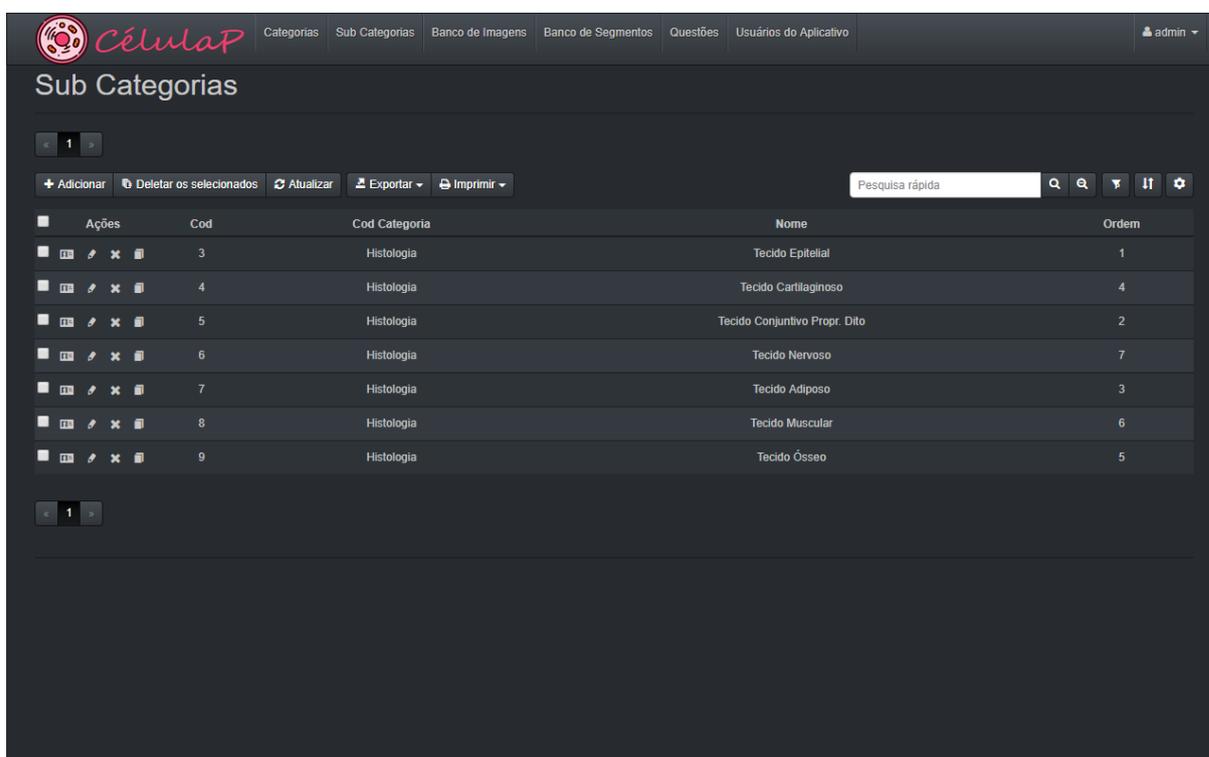


Figura 35 – Seção para cadastro de tópicos (subcategorias) por meio da API.



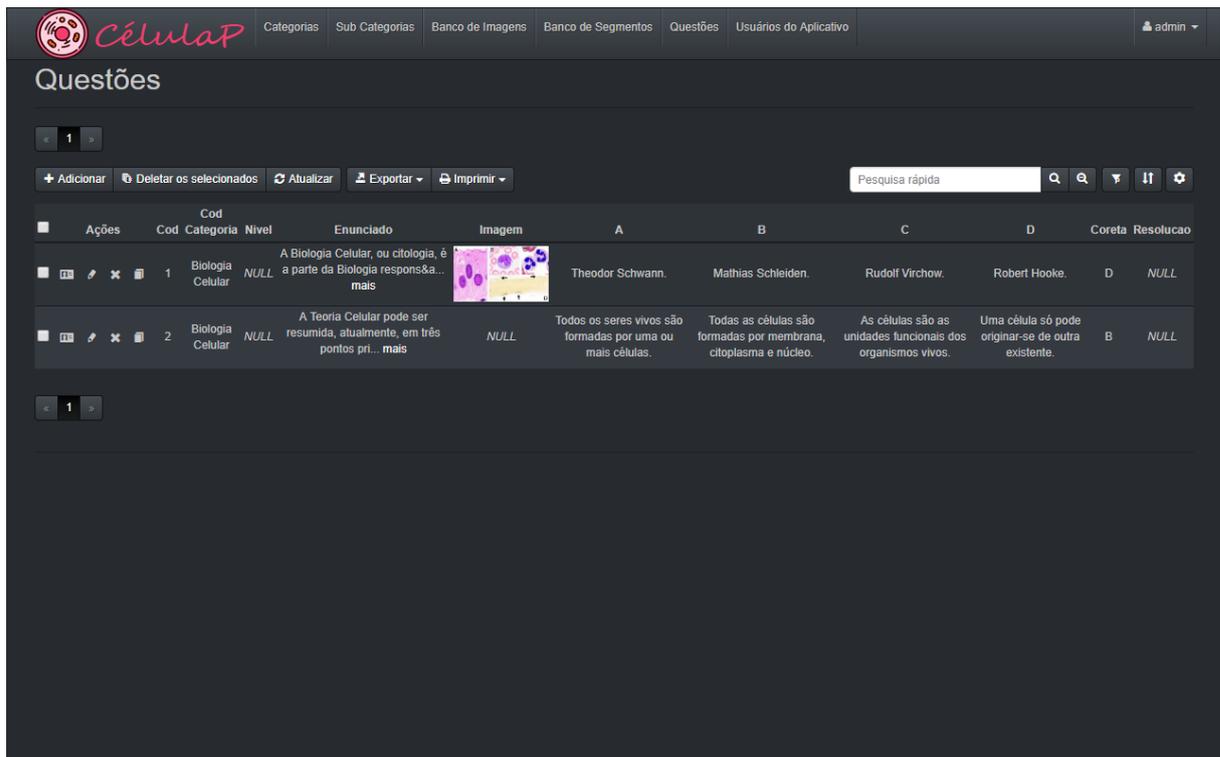


Figura 38 – Seção para cadastro de questões por meio da API.

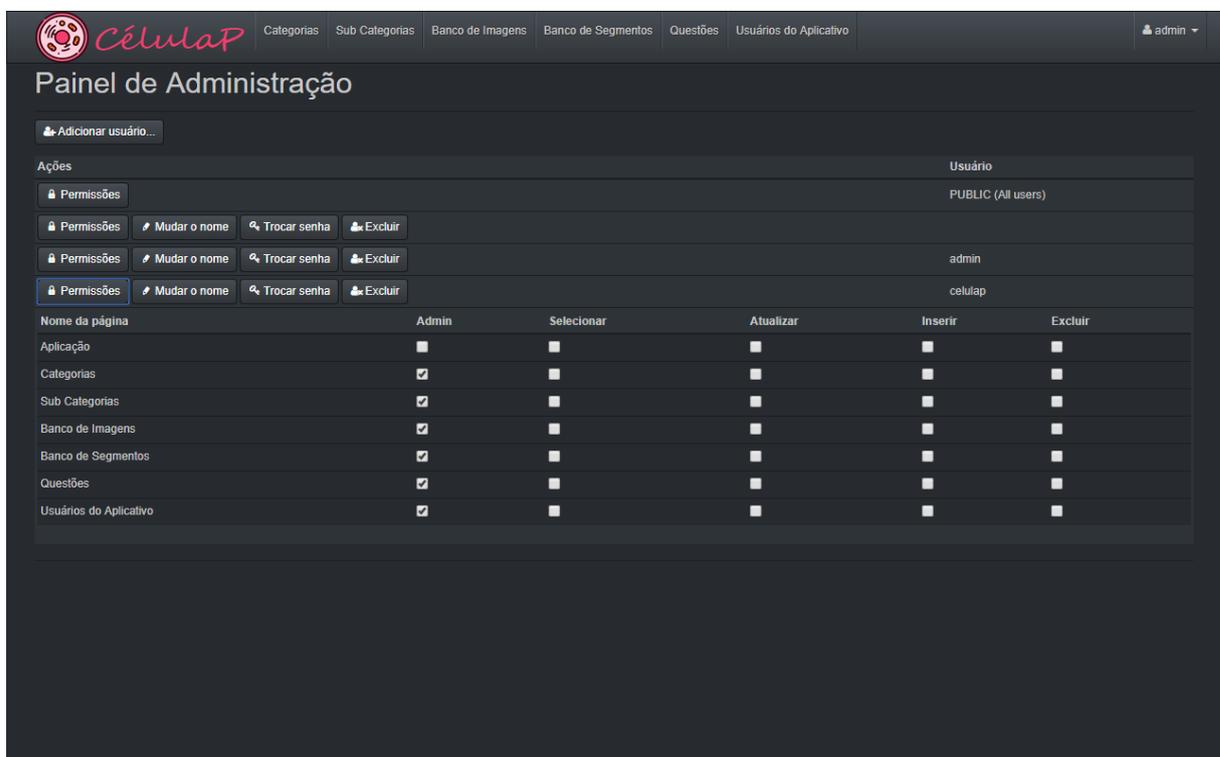


Figura 39 – Página do administrador para geração de usuários e controle de permissões na API.

## 5 Conclusão

Para este trabalho foi idealizado e implementado um aplicativo com o intuito de flexibilizar o estudo de Histologia, por meio do qual os estudantes pudessem consolidar os conhecimentos passados pelos professores em sala de aula. Visto que, atualmente essa disciplina, em especial a análise das imagens histológicas, é vista em sala de aula e nos laboratórios, mas não é revisada pelos estudantes com facilidade, em razão do acesso às imagens, que apenas se dá com o acesso aos laboratórios, que são visitados por eles apenas em dias e horários específicos.

Esse objetivo só foi atingido por meio de um estudo introdutório à Histologia, necessário para selecionar as regiões de interesses das imagens histológicas utilizadas, afim de capturá-las e convertê-las em arquivo no formato JPEG para uso na aplicação. Ao estudo dos *frameworks* utilizados, unidos aos conhecimentos prévios absorvidos no decorrer do curso de graduação em Sistemas de Informação, incluindo aqueles relacionados às disciplinas de Introdução à Programação de Computadores, Banco de Dados, Estrutura de Dados, Redes de Computadores, Modelagem de Software e Programação para Internet. A utilização das ferramentas já existentes, como a API utilizada para *upload* de arquivos para o servidor. E por último, mas não menos importante, a todos os trabalhos da equipe envolvida no projeto.

Pretende-se continuar o desenvolvimento da aplicação, adicionando novas funcionalidades, melhorando outras e posteriormente deseja-se incluir o seu uso como ferramenta para complementação dos estudos nos cursos da área das Ciências da Saúde oferecidos pela UFU, além de fornecê-lo para *download* para que possa ser utilizado em outras universidades como também por demais estudantes pelo Brasil.

### 5.1 Desafios Encontrados

Durante o desenvolvimento do projeto foram encontradas algumas dificuldades. Entender um pouco de Histologia exigiu certo dispêndio de esforço, em razão falta de experiência e conhecimento prévio da área. A elaboração dos textos descritivos, bem como as marcações das imagens, levou certo tempo, em função do número expressivo de conteúdo que foi carregado na aplicação.

Outra dificuldade encontrada foi o entendimento do que se desejava implementar. Embora num primeiro momento os requisitos funcionais parecessem claros, após implementá-los, o que ficava claro, na verdade, era que na maioria das vezes não se tinha uma ideia tão bem definida assim da aplicação na cabeça da equipe e sim uma ideia geral, bastante abstrata, tendo sido necessário refinar-se os protótipos até que se chega-se no

resultado desejado.

Também foi necessário uma complementação dos conhecimentos de programação, em especial dos recursos, funções e métodos das ferramentas e *frameworks* utilizados. O aprendizado obtido durante o curso de graduação em Sistemas de Informação serve como norte, onde são ensinadas teorias, fundamentos a cerca de várias disciplinas relacionadas à programação e ao desenvolvimento, e não meramente à tecnologias.

Todos os obstáculos serviram como grandes oportunidades para incremento dos conhecimentos já obtidos, bem como para reforçar a importância de várias práticas e conceitos vistos durante o decorrer do curso. Além disso, a superação dos desafios encontrados contribui para a consolidação de uma aplicação cada vez mais robusta e para fornecer maior conforto aos usuários, especialmente no que diz respeito a questões de usabilidade.

## 5.2 Trabalhos Futuros

Futuramente, pretende-se disponibilizar conteúdo referente à disciplina de Biologia Celular, o que ainda não pôde ser realizado, em função da disponibilidade dos instrumentos utilizados para geração das imagens celulares. Esta adição torna-se interessante, visto que tal disciplina está diretamente relacionada à disciplina de Histologia, inclusive, em alguns cursos as duas disciplinas são ministradas de forma conjunta. Seguindo a mesma linha do que já se tem disponível na aplicação para Histologia, a ideia é disponibilizar também para Biologia Celular, ou seja, tanto conteúdo teórico quanto conteúdo prático.

A partir do 2º semestre letivo de 2019, pretende-se recrutar estudantes de cursos da UFU que possuem a disciplina de Histologia como parte da ementa, para usarem o aplicativo. Eles serão divididos em 2 grupos, um experimental e outro controle, o experimental composto por estudantes que estudarão parte da disciplina com o auxílio da aplicação e o controle formado por estudantes que não terão auxílio da aplicação para acompanhamento durante o período em que a disciplina for ministrada. Ao final, comparar-se-á o grupo experimental ao controle, a fim de avaliar se a aplicação contribuiu para o ganho de conhecimento dos estudantes.

Vale ressaltar que no período em que esse trabalho se iniciou, eu ainda não havia cursado a disciplina de Interação Humano-Computador, por esta razão, não tinha ainda ouvido falar sobre princípios e diretrizes de *design*, em função disso, várias, senão todas as telas da aplicação, necessitam de revisão quanto a isso. Levando isto em consideração, as telas da aplicação serão revistas e alternativas serão estudadas para que possa ser possível a sua adequação a princípios e diretrizes de *design*, como por exemplo as 8 regras de ouro de Shneiderman.

# Referências

ACT Inc. *Use of Data to Support Teaching and Learning: A case study of two school districts*. Iowa City, IA, United States of America, Jan. 16, 2015. (Research Report Series 2015 (1)). 36 p. Disponível em: <[http://www.act.org/content/dam/act/unsecured/documents/ACT\\_RR2015-1.pdf](http://www.act.org/content/dam/act/unsecured/documents/ACT_RR2015-1.pdf)>. Acesso em: 5 dez. 2018. Citado na página 12.

ARAIN, A. A. et al. An analysis of the influence of a mobile learning application on the learning outcomes of higher education students. *Universal Access in the Information Society*, v. 17, n. 2, p. 325–334, 2018. Citado na página 12.

EOLAS Inc. *The AnatLab System*. 2019. Disponível em: <<http://eolas.com/products.html>>. Acesso em: 02 jun 2019. Citado na página 22.

EOLAS Inc. *The Inventors of the Cloud*. 2019. Disponível em: <<http://eolas.com/>>. Acesso em: 02 jun 2019. Citado na página 22.

ESCOLA DE ADMINISTRAÇÃO DE EMPRESAS DA FUNDAÇÃO GETÚLIO VARGAS DE SÃO PAULO (FGV-EAESP). *30ª Pesquisa Anual do Uso de TI nas Empresas, 2019*. São Paulo, 2019. 24 p. Disponível em: <[https://eaesp.fgv.br/sites/eaesp.fgv.br/files/pesti2019fgvciappt\\_2019.pdf](https://eaesp.fgv.br/sites/eaesp.fgv.br/files/pesti2019fgvciappt_2019.pdf)>. Acesso em: 28 abr. 2019. Citado na página 17.

ESTADÃO. Brasil tem 230 milhões de smartphones em uso. *Revista Época NEGÓCIOS*, Editora Globo S/A, 26 abr. 2019. Disponível em: <<https://epocanegocios.globo.com/Tecnologia/noticia/2019/04/brasil-tem-230-milhoes-de-smartphones-em-uso.html>>. Acesso em: 28 abr. 2018. Citado na página 17.

GARTNER, L. P.; HIATT, J. L. *Histologia Essencial*. Rio de Janeiro: Elsevier Editora Ltda., 2012. Citado 2 vezes nas páginas 17 e 18.

GEDIK, N. et al. Key instructional design issues in a cellular phone-based mobile learning project. *Computers & Education*, v. 58, n. 4, p. 1149–1159, 2012. Citado 2 vezes nas páginas 12 e 15.

GON, S.; RAWEKAR, A. Effectivity of e-learning through whatsapp as a teaching learning tool. *MVP Journal of Medical Sciences*, v. 4, n. 1, p. 19–25, 2017. Citado na página 12.

GRANT, M. M. Difficulties in defining mobile learning: analysis, design characteristics, and implications. *Educational Technology Research and Development*, v. 67, n. 2, p. 361–388, 2019. Citado 4 vezes nas páginas 7, 15, 16 e 17.

HAMIDI, H.; CHAVOSHI, A. Analysis of the essential factors for the adoption of mobile learning in higher education: A case study of students of the university of technology. *Telematics and Informatics*, v. 35, n. 4, p. 1053–1070, 2018. Citado na página 12.

JUNQUEIRA, L. C.; CARNEIRO, J. *Histologia Básica: Texto e atlas*. 12. ed. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan Ltda., 2013. Citado 4 vezes nas páginas 7, 17, 18 e 19.

- KLÍMOVÁ, B. Mobile learning in medical education. *Journal of Medical Systems*, v. 42, n. 10, p. 194, 2018. Citado na página 12.
- KROTOV, V. Critical success factors in m-learning: A socio-technical perspective. *Communications of the Association for Information Systems*, v. 36, article 6, p. 24, 2015. Citado na página 17.
- LIU, Y.; HAN, S.; LI, H. Understanding the factors driving m-learning adoption: a literature review. *Campus-Wide Information Systems*, v. 27, n. 4, p. 210–226, 2010. Citado na página 15.
- OLIVEIRA, G. P. de. O fórum em um ambiente virtual de aprendizado colaborativo. *São Paulo: Associação Brasileira de Educação a Distância*, 2011. Citado na página 13.
- OZUORCUN, N. C.; TABAK, F. Is m-learning versus e-learning or are they supporting each other? *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, v. 46, p. 299–305, 2012. Citado na página 15.
- PRESSMAN, R. S. *Engenharia de Software: Uma abordagem profissional*. 7. ed. São Paulo: AMGH Editora Ltda., 2011. Citado 3 vezes nas páginas 7, 20 e 21.
- QUINN, C. N. mlearning: Mobile, wireless, in-your-pocket learning. *LiNE Zine (Learning in the New Economy)* — Tackling the Whitespace Around eLearning, 2000. Disponível em: <<http://www.linezine.com/2.1/features/cqmmwiyp.htm>>. Acesso em: 27 abr. 2019. Citado 2 vezes nas páginas 15 e 16.
- SO, S. W. Pedagogical and technological considerations of mobile learning. In: ANNUAL CONVENTION OF THE ASSOCIATION FOR EDUCATIONAL COMMUNICATIONS AND TECHNOLOGY, 33., 2010, Anaheim, CA, United States of America. Anaheim, CA, United States of America, 2010. Citado na página 16.
- STARK, L. A. Cell biology apps for apple devices. *CBE-Life Sciences Education*, Am Soc Cell Biol, v. 11, n. 3, p. 226–230, 2012. Citado na página 12.
- TING, Y.-L. Using mobile technologies to create interwoven learning interactions: An intuitive design and its evaluation. *Computers & Education*, v. 26, n. 1, p. 1–13, 2013. Citado na página 15.
- UĞUR, N. G.; KOÇ, T.; KOÇ, M. An analysis of mobile learning acceptance by college students. *Journal of educational and instructional studies in the world*, v. 6, n. 2, p. 1–11, 2016. Citado na página 15.
- WIKIPÉDIA. *Caso de uso*. 2019. Wiki da Wikipédia. Disponível em: <[https://pt.wikipedia.org/wiki/Caso\\_de\\_uso#Defini%C3%A7%C3%A3o](https://pt.wikipedia.org/wiki/Caso_de_uso#Defini%C3%A7%C3%A3o)>. Acesso em: 02 maio 2019. Citado na página 26.
- WIKIPÉDIA. *E-learning*. 2019. Wiki da Wikipédia. Disponível em: <<https://pt.wikipedia.org/wiki/E-learning>>. Acesso em: 28 abr. 2019. Citado na página 15.
- WIKIPÉDIA. *Educação a distância*. 2019. Wiki da Wikipédia. Disponível em: <[https://pt.wikipedia.org/wiki/Educa%C3%A7%C3%A3o\\_a\\_dist%C3%A2ncia](https://pt.wikipedia.org/wiki/Educa%C3%A7%C3%A3o_a_dist%C3%A2ncia)>. Acesso em: 28 abr. 2019. Citado na página 15.

WIKIPÉDIA. *Requisito funcional*. 2019. Wiki da Wikipédia. Disponível em: <[https://pt.wikipedia.org/wiki/Requisito\\_funcional](https://pt.wikipedia.org/wiki/Requisito_funcional)>. Acesso em: 02 maio 2019. Citado na página 26.

ZHANG, G.; FENDERSON, B. A. *Preface*. 2019. Resource on app. Disponível em: Resources>About This App>Preface. Citado na página 23.