

ResíduoLab ChemSafe: Sistema Laboratorial de Resíduos Químicos

Kailayne J. R. Malheiros¹ (IC), Sofia B. Besspalhuk¹(IC)
e Ana P. S. G. Giovanini¹(PQ)

¹Instituto Federal do Paraná (IFPR)
Rua José Felipe Tequinha, 1400, 87703-536 – Paranavaí – PR - Brasil

kaylainejamili@gmail.com, sfahuk@gmail.com e ana.gaspari@ifpr.edu.br

Abstract. *This project proposes the development of an application for managing chemical residues at the Federal Institute of Paraná (IFPR) Paranavaí. The aim is to enhance the collection, classification, and disposal of laboratory residues, ensuring regulatory compliance, and promoting a circular economy. The system will enable efficient monitoring of waste and facilitate the exchange of materials between institutions, contributing to reduced environmental impact and associated costs.*

Resumo. *Este trabalho propôs a criação de um aplicativo para a gestão de resíduos químicos no Instituto Federal do Paraná (IFPR) Campus Paranavaí. O objetivo principal é melhorar a coleta, classificação e destinação dos resíduos laboratoriais, atendendo às normas regulatórias e promovendo a economia circular. O sistema permitirá o monitoramento eficiente dos resíduos e facilitará a troca de materiais entre instituições, contribuindo para a redução do impacto ambiental e custos associados.*

1. Justificativa

No contexto atual, a geração e gestão de resíduos químicos em ambientes laboratoriais representam um desafio significativo para as instituições. O crescente volume de resíduos e a complexidade dos regulamentos ambientais exigem soluções inovadoras e integradas para garantir uma gestão adequada desses materiais. Um dos principais problemas enfrentados pelas instituições é a falta de um sistema abrangente que permita a inserção, monitoramento e destinação adequada dos resíduos químicos. A ausência de ferramentas eficazes de acompanhamento dificulta a identificação de padrões de geração de resíduos, levando a dificuldades na tomada de decisões sobre a destinação e na manutenção da conformidade com as regulamentações ambientais. Diante deste cenário, este projeto tem buscado desenvolver um sistema laboratorial abrangente que integre todas as etapas da gestão de resíduos químicos. Este sistema permitirá às instituições inserirem e monitorarem dados específicos sobre os resíduos, possibilitando a classificação, levantamento de dados e destinação adequada. Espera-se que a implementação deste sistema resulte em uma gestão mais eficiente e sustentável dos resíduos laboratoriais, proporcionando conformidade ambiental e reduzindo custos associados à destinação inadequada. Além disso, a funcionalidade de troca de resíduos entre as instituições, facilitada por meio do aplicativo, promoverá a colaboração e o aproveitamento de recursos, contribuindo para a redução do impacto ambiental e para a promoção da economia circular.

2. Fundamentação teórica

Para compreensão dos tópicos abordados neste projeto, a seguir serão discutidos: a proposta de criação do software e os resíduos químicos que serão cadastrados neste aplicativo, assim como seus tratamentos e estudos.

2.1. FlutterFlow e a proposta da criação de aplicativo para gestão de resíduos

Nos dias de hoje, a demanda por aplicativos móveis está em ascensão, impulsionada pela crescente dependência da tecnologia em nossas vidas cotidianas. Desenvolver aplicativos móveis, no entanto, pode ser uma tarefa desafiadora, exigindo habilidades técnicas e tempo significativo de desenvolvimento. Nesse contexto, surge o FlutterFlow como uma solução inovadora que democratiza o processo de criação de aplicativos, permitindo que indivíduos e empresas transformem suas ideias em realidade de forma rápida e eficiente. FlutterFlow é uma plataforma de desenvolvimento de aplicativos móveis baseada no Flutter, um framework de código aberto criado pelo Google. O Flutter oferece uma abordagem multiplataforma para o desenvolvimento de aplicativos, permitindo que os aplicativos criados com ele sejam executados em iOS e Android com desempenho excepcional. O diferencial do FlutterFlow está na sua interface de usuário intuitiva e visual, que permite aos desenvolvedores e designers criarem interfaces de aplicativos por meio de arrastar e soltar componentes, eliminando a necessidade de escrever código manualmente em grande parte do processo [Borguezani Carvalho et al. 2024]

Uma das principais vantagens do FlutterFlow é a sua rapidez. Com a sua abordagem de desenvolvimento visual, é possível prototipar e desenvolver aplicativos em questão de dias, em vez de semanas ou meses necessários em abordagens tradicionais de desenvolvimento. Isso não apenas acelera o tempo de lançamento do aplicativo, mas também permite uma iteração mais rápida e eficiente do design e dos recursos, garantindo que o protótipo final atenda às necessidades dos usuários de forma precisa e oportuna. Além da velocidade, FlutterFlow também oferece flexibilidade e personalização [et al. 2023]. Com uma ampla gama de componentes disponíveis para arrastar e soltar, os desenvolvedores podem criar interfaces de usuário altamente personalizadas e adaptadas às necessidades específicas de seus aplicativos. Além disso, o FlutterFlow suporta integração com APIs externas e bancos de dados, permitindo que os aplicativos criados com ele acessem e armazenem dados de forma eficiente e segura [et al. 2023]. Outro ponto forte do FlutterFlow é a sua comunidade e suporte. Como parte do ecossistema do Flutter, os usuários têm acesso a uma comunidade ativa de desenvolvedores e recursos de suporte, incluindo documentação detalhada, tutoriais e fóruns de discussão. Isso facilita o aprendizado e o desenvolvimento contínuo de habilidades, garantindo que os usuários possam aproveitar ao máximo a plataforma. No entanto, é importante reconhecer que o FlutterFlow pode não ser a solução ideal para todos os cenários de desenvolvimento de aplicativos. Para aplicativos altamente complexos ou que exigem um alto nível de personalização e desempenho, pode ser necessário recorrer a abordagens de desenvolvimento mais tradicionais. Além disso, a segurança e a conformidade regulatória devem ser consideradas ao desenvolver aplicativos que lidam com dados sensíveis ou regulamentados [Borguezani Carvalho et al. 2024]. Neste âmbito, é evidente que FlutterFlow é uma ferramenta poderosa e acessível que está democratizando o desenvolvimento de aplicativos móveis, permitindo que indivíduos e empresas transformem suas ideias em aplicativos funcionais de forma rápida e eficiente. Com sua abordagem vi-

sual, velocidade e flexibilidade, FlutterFlow está pavimentando o caminho para uma nova era de desenvolvimento de aplicativos, onde a criatividade e a inovação podem prosperar como nunca. Por isso, esta será a ferramenta de criação de aplicativos a qual será utilizada neste projeto para criação de um aplicativo de gestão de resíduos.

2.2. Como usar o FlutterFlow [FlutterFlow 2024]?

Para usar o FlutterFlow, é necessário seguir as etapas detalhadas abaixo:

1. Criar uma Conta: é necessária a criação de uma conta no site do FlutterFlow. É necessário usar um e-mail para realizar o login ou se inscrever usando uma conta do Google ou do GitHub.

2. Iniciar um Novo Projeto. Após fazer login, você é direcionado para o painel principal do FlutterFlow. Aqui, é possível iniciar um novo projeto clicando no botão "New Project" ou "Create Project".

3. Projetar sua Interface. Após criar um novo projeto, você será levado para o editor de interface de usuário do FlutterFlow. Este é um ambiente de desenvolvimento visual onde é possível projetar as telas do aplicativo a ser criado. Para tanto, estão disponíveis os seguintes artifícios:

Adicionar Telas: Comece adicionando as telas do seu aplicativo. Clique no botão "Add Screen" para criar uma nova tela e dê a ela um nome descritivo.

Arrastar e Soltar Componentes: Use a barra lateral esquerda para arrastar e soltar componentes na tela. É possível adicionar botões, campos de texto, listas, imagens e muito mais. Posicione e redimensione os componentes conforme necessário.

Personalizar Estilos e Layouts: É possível alterar as propriedades de estilo dos componentes, como cores, tamanhos de fonte e preenchimento, para personalizar a aparência do aplicativo. É possível também ajustar o layout da tela usando grades e alinhamentos.

Navegar entre Telas: Defina a navegação entre as telas do seu aplicativo. É possível configurar botões para navegar entre telas ou usar gestos de deslizar para fazer a transição entre telas.

4. Adicionar Funcionalidades: Depois de projetar a interface do usuário, adicione funcionalidades ao seu aplicativo.

Lógica de Aplicativo: editor de lógica do FlutterFlow é utilizado para adicionar lógica ao seu aplicativo. Aqui é possível criar eventos de clique, condições, loops e muito mais para controlar o comportamento do seu aplicativo.

Integração de Dados: ferramenta para conectar seu aplicativo a serviços externos usando APIs. É possível configurar solicitações HTTP para enviar e receber dados de um servidor ou integrar seu aplicativo a serviços como bancos de dados em nuvem.

5. Testar e Iterar Depois de adicionar funcionalidades ao seu aplicativo, o próximo passo será testá-lo para garantir que tudo funcione conforme o esperado. Para isso, existem as seguintes funções: Simulação de Dispositivo: esta opção permite simulação de dispositivo no FlutterFlow para visualizar como o aplicativo será exibido em dispositivos móveis. Isso permite testar o layout e a usabilidade do aplicativo em diferentes tamanhos de tela. Teste Interativo: realiza iteração com o aplicativo simulado para testar a funcionalidade. Verifica se todos os botões e elementos interativos estão funcionando corretamente e se a navegação entre telas está fluída. Itere conforme

Necessário: Com base nos resultados dos testes, é possível fazer ajustes e iterar sobre o design e a funcionalidade do aplicativo conforme necessário.

6. Exportar o Projeto Assim que o aplicativo estiver pronto, exporta-se para o código-fonte Flutter para continuar o desenvolvimento no seu ambiente de desenvolvimento preferido. Para tanto, é necessário clicar no botão "Export" ou "Download" para exportar o projeto para o código-fonte Flutter. O arquivo é recebido no formato compactado. Em resumo, o FlutterFlow oferece uma maneira rápida e intuitiva de criar aplicativos móveis usando o Flutter. Com seu editor visual e recursos de exportação de código, é uma ferramenta poderosa para desenvolvedores e designers de todos os níveis de habilidade. A partir do desenvolvimento finalizado, serão cadastrados, no aplicativo, os resíduos e seus tratamentos, conforme descrito a seguir.

2.3. Resíduos e sua destinação

Os tratamentos de resíduos desenvolvidos neste projeto, os quais serão cadastrados no aplicativo desenvolvido, serão previamente classificados e realizados conforme legislação vigente ou processos desenvolvidos nos laboratórios de Química do IFPR pela Profa. Dra. Ana P. S. Gaspari Giovanini e seus colaboradores. Para tanto, é importante compreender sobre como são identificados e tratados na literatura atual para se propor a melhor interface para seu gerenciamento. Estes tópicos serão abordados a seguir.

2.4. Resíduos Químicos e classificação

Resíduos químicos são aqueles resultantes de atividades laboratoriais de estabelecimentos de ensino, pesquisa, produção e extensão, podendo ser reagentes químicos ou medicamentos, fora de especificação, obsoletos ou alterados; excedentes, vencidos ou sem previsão de utilização; produtos de reações químicas, resíduos de análises químicas, sobras de amostras contaminadas, sobras da preparação de reagentes, frascos ou embalagens de reagentes, resíduos de limpeza de equipamentos de laboratórios e materiais contaminados com substâncias químicas que oferecem riscos à saúde humana e à qualidade do meio ambiente [Instituto Butantan 2014]. Entre os danos à saúde humana que podem ser causados por resíduos mal geridos, destacam-se câncer de rim, fígado e pulmão, linfomas, asma, doenças neurológicas e respiratórias, entre outros [Babar et al. 2022]. Além da questão ambiental e biológica, o descarte e a destinação de resíduos químicos perigosos devem seguir a legislação vigente. O desrespeito às leis e resoluções ambientais pode ser considerado crime ambiental, passível de sanções administrativas, civis e criminais. No Brasil, o CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente), por meio da Resolução 430/2011 [Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) 2011], estabelece padrões para o lançamento de substâncias em corpos hídricos (lançamento direto) e também na rede de esgoto (quando verificada a inexistência de legislação ou normas específicas, disposições do órgão ambiental competente, bem como diretrizes da operadora dos sistemas de coleta e tratamento de esgoto sanitário), atribuindo limites máximos para várias substâncias químicas, orgânicas e inorgânicas. O descarte de resíduos químicos em desacordo com a legislação pode acarretar diversos efeitos deletérios à saúde do ser humano, na fauna e na flora, e na qualidade ambiental. Metais pesados e solventes orgânicos, por exemplo, podem causar a mortandade da vida aquática, contaminação de solos e lençóis freáticos, bioacumulação e vários problemas de saúde no ser humano (podendo

variar desde intoxicação, até câncer e morte, dependendo da quantidade e da substância) [Luoma and Rainbow 2005]. Por isso, é essencial que os resíduos químicos sejam separados, tratados e descartados de forma correta, de acordo com suas propriedades e grau de periculosidade. Tratando-se dos resíduos sólidos, eles são classificados pela ABNT NBR 10.004/2004, a qual é uma norma brasileira que estabelece os critérios e procedimentos para a classificação de resíduos sólidos. Apesar de ser denominada para resíduos sólidos, também explicita e classifica os resíduos líquidos perigosos em seus anexos A e E. Assim, é possível classificar os resíduos líquidos pela mesma normativa, mesmo que ela não seja específica para tal. Quanto aos critérios de classificação dos resíduos os quais serão adicionados ao aplicativo para classificação, segundo a ABNT NBR 10.004/2004, são: Classe I (perigosos), Classe II A (não inertes), Classe II B (inertes) e Classe III (resíduos agrícolas). A classificação é baseada nas características físicas, químicas e biológicas dos resíduos, bem como em seus potenciais impactos ambientais e à saúde pública. O Grupo I compreende os resíduos perigosos, que apresentam características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade ou patogenicidade. Estes resíduos requerem tratamento e disposição final especializados devido ao seu potencial de risco elevado para o meio ambiente e para a saúde humana. O Grupo II inclui os resíduos não inertes, que não se enquadram nas características do Grupo I, mas podem apresentar propriedades como biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água. Além disso, o Grupo II é subdividido em Classes II A e II B. Os resíduos da Classe II A são aqueles que, mesmo não sendo classificados como perigosos, podem apresentar características de biodegradabilidade ou combustibilidade, exigindo cuidados específicos em seu manejo e disposição final. Por outro lado, os resíduos da Classe II B são considerados inertes, ou seja, têm baixa probabilidade de reação física, química ou biológica no ambiente natural, o que permite sua disposição em locais adequados sem maiores riscos ao meio ambiente. O tratamento dos resíduos dessas duas classes geralmente envolve técnicas de segregação, estabilização, neutralização, incineração, coprocessamento ou disposição final em aterros especiais. No caso dos resíduos líquidos, eles podem ser classificados como efluentes industriais, domésticos ou que contenham substâncias químicas em solução aquosa. A classificação desses efluentes é geralmente baseada em critérios como composição química, toxicidade, biodegradabilidade, inflamabilidade, corrosividade e outras propriedades que determinam seu potencial de impacto ambiental e de risco à saúde humana. O tratamento pode envolver processos como a neutralização de pH, a oxidação de compostos orgânicos, a remoção de metais pesados e a separação de fases aquosas e oleosas. Esses processos podem ser realizados por meio de técnicas físico-químicas, como precipitação, filtração, troca iônica, osmose reversa, entre outros, os quais serão descritos nos tópicos a seguir. Após o tratamento, os efluentes líquidos podem ser descartados de forma segura no ambiente ou encaminhados para sistemas de tratamento de águas residuais municipais. Além da classificação, as substâncias químicas perigosas possuem quatro principais características: inflamabilidade, toxicidade, corrosividade e reatividade. Estas substâncias podem ser compostos venenosos, materiais inflamáveis e explosivos, inseticidas e pesticidas, metais pesados, etc. As características são definidas pela norma ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2004). Esta classificação, assim como os tratamentos físico-químicos realizados a resíduos, os quais são inúmeros, encontram-se devidamente elencados no site desenvolvido previamente pela Profa. Ana P. S. Gaspari Giovanini e colaboradores,

o qual encontra-se no domínio: <https://sites.google.com/ifpr.edu.br/residuosquimicos-ifprparanavai/in%C3%ADcio?pli=1>.

3. Objetivo

O objetivo geral deste projeto foi desenvolver um aplicativo destinado a gestão de resíduos de laboratórios de química de instituições públicas de ensino do estado do Paraná.

4. Metodologia de execução e resultados obtidos

Para a criação do aplicativo ResíduoLab ChemSafe foi utilizada a ferramenta FlutterFlow. Esta ferramenta oferece várias vantagens estudadas para confecção do atual projeto, dentre as quais podem ser citadas:

1. A Interface de usuário flexível e personalizável pode projetar uma interface de usuário altamente personalizada para atender às necessidades específicas do aplicativo de gestão de resíduos químicos. É possível facilmente arrastar e soltar componentes para criar telas intuitivas e fáceis de usar para seus usuários. Tratando-se da heterogeneidade de usuários das instituições de ensino públicas do estado, esta ferramenta será essencial para criar o aplicativo de forma dinâmica. Na Figura 1 está apresentada a interface supracitada.

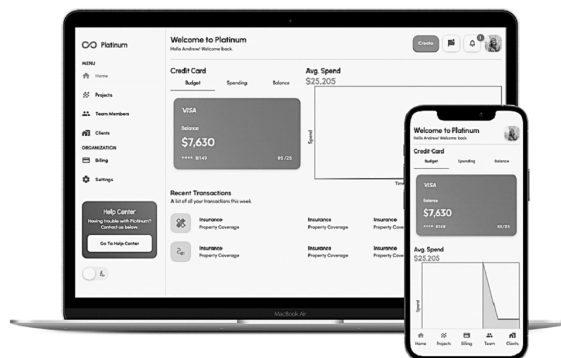


Figure 1. Interface da ferramenta FlutterFlow, a qual está sendo utilizada para criar o aplicativo de gestão de resíduos.

2. Integração com banco de dados e APIs: FlutterFlow facilita a integração com bancos de dados e APIs, permitindo que sejam armazenados e gerenciados os dados relacionados aos resíduos químicos de forma eficiente. É possível integrar serviços externos e internos para obter informações sobre regulamentações, procedimentos de descarte adequados e outras informações relevantes que se fizerem necessárias durante a utilização do aplicativo.

3. Desenvolvimento rápido e iterativo: Com a abordagem visual de arrastar e soltar do FlutterFlow, serão criados protótipos rapidamente. Isso é especialmente útil em um contexto como o de gestão de resíduos químicos, onde os requisitos do usuário e as regulamentações podem mudar com frequência. Ademais, esta ferramenta é estudada no curso técnico integrado ao qual o aluno bolsista faz parte, sendo possível integrar a

prática aprendida nas aulas com o contexto da comunidade em questão.

4. **Compatibilidade multiplataforma:** Como o Flutter é um framework multiplataforma, os aplicativos criados com FlutterFlow podem ser implantados em várias plataformas, incluindo iOS e Android. Isso garante que seu aplicativo de gestão de resíduos químicos possa atender a uma ampla gama de usuários, independentemente do dispositivo que estão usando.

5. **Manutenção simplificada:** Uma vez que seu aplicativo esteja em funcionamento, FlutterFlow facilita a manutenção contínua. Posteriormente, são possíveis alterações na interface do usuário ou adição de novos recursos sem precisar reescrever grandes porções de código, economizando tempo e esforço de desenvolvimento.

A partir dessas vantagens, FlutterFlow poderá ser plataforma poderosa e eficiente para desenvolver o aplicativo de gestão de resíduos químicos, que seja altamente funcional, fácil de usar e compatível com uma variedade de dispositivos móveis. Assim, as etapas serão descritas a seguir:

4.1. Primeira Etapa: Criação do Aplicativo

Para criar um aplicativo de sistema laboratorial de resíduos químicos usando FlutterFlow, o processo pode ser detalhado em etapas distintas. Primeiramente, após criar uma conta no FlutterFlow, foi essencial iniciar um novo projeto e selecionar um layout inicial que se adequa às necessidades do sistema laboratorial, ao qual será estudado em conjunto, entre a professora-orientadora, a discente bolsista e técnicos de laboratório de química. Na tela de login (Figura 2A), a primeira a ser exibida ao entrar no aplicativo, é possível acessar uma conta existente utilizando e-mail e senha ou o serviço de autenticação do Google, conforme escolha do usuário. Caso o usuário ainda não possua uma conta, ele pode criá-la clicando no botão “Não tem uma conta? Criar”. Essa tela assegura que apenas usuários autenticados possam acesso ao aplicativo, garantindo a privacidade e segurança dos dados. Caso seja o primeiro acesso do usuário, ele deverá inserir o e-mail e a senha que deseja cadastrar, além de confirmá-la, criando sua conta de um jeito simples e rápido, conforme Figura 2B. Em seguida, ele finaliza seu cadastro ao inserir dados adicionais, como nome, instituição, cargo e foto na tela representada pela Figura 2C. Dessa forma, cada usuário possui um perfil e uma experiência mais personalizada.

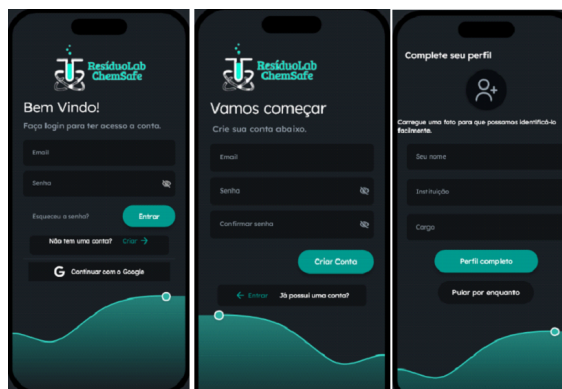


Figure 2. A) B) C).

A) Página de login do aplicativo ResiduoLab ChemSafe. B) O usuário pode criar uma conta diretamente pelo aplicativo e C) O perfil pode ser personalizado com dados adicionais.

Se porventura o usuário esquecer sua senha, é possível redefini-la clicando em “Esqueceu a senha?” na página de login (Figura 2). Assim, ele será redirecionado para uma tela onde inserirá o e-mail cadastrado a fim de receber um código de verificação, para, então, cadastrar uma nova senha, conforme Figuras 3A E 3B. Essa etapa de verificação é essencial para a segurança e privacidade dos dados, pois restringe o acesso aos dados do usuário.

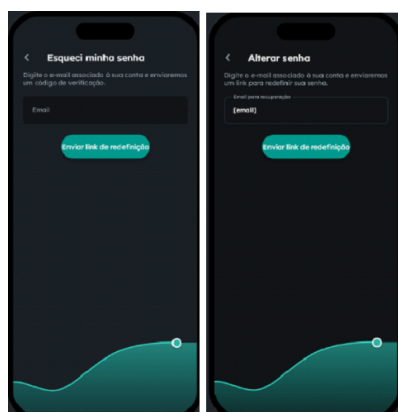


Figure 3. A) B)

A) O aplicativo possui mecanismo de recuperação de senha e B) A senha pode ser alterada sempre que necessário.

No perfil (Figura 4A), o usuário poderá editar seus dados (Figura 4B), alterar sua senha (Figura 4C) e configurar o serviço de notificações (Figura 4D). Além disso, é possível definir o modo de exibição do aplicativo (escuro ou claro), personalizando ainda mais a experiência. Esses fatores geram maior satisfação e permitem que os usuários mantenham seus dados sempre atualizados, o que também facilita o engajamento entre pessoas de diferentes instituições.

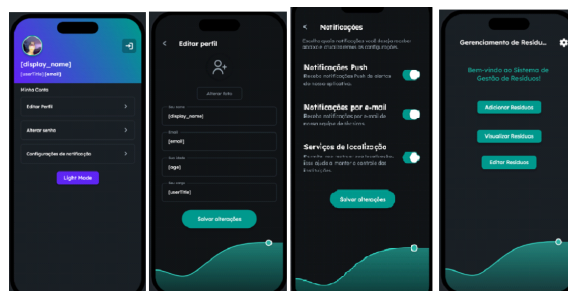


Figure 4. A) B) C) D)

A) Perfil do usuário, B) Edição do perfil, C) Definição das configurações de notificações e D) Página principal.

Por último, a página principal (Figura 4D) atua como um menu entre as principais funcionalidades do sistema. A partir dela, o usuário pode acessar as páginas de cadastro, visualização ou edição de resíduos e sua conta, basta clicar nos botões específicos ou no símbolo de engrenagem, para o último caso. Para cadastrar ou editar um resíduo (Figuras

5A e 5C, respectivamente), é necessário informar seu nome, categoria, classificação de grupo, quantidade, data de geração, locais de armazenamento e geração. Também pode-se incluir observações adicionais.

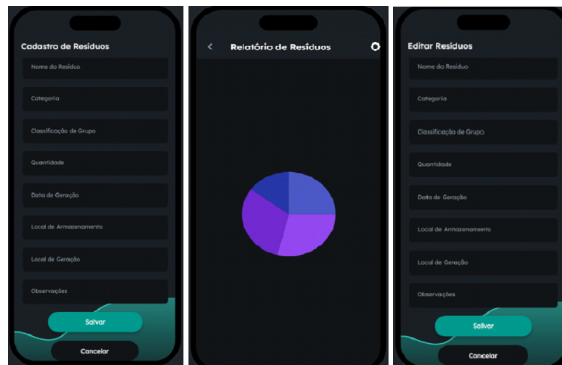


Figure 5. A) B) C).

A) Tela para o cadastro de resíduos. B) O usuário poderá visualizar todos os resíduos cadastrados e C) O sistema permite que os dados dos resíduos sejam editados.

Na página de visualização, o aplicativo exibirá os resíduos cadastrados no banco de dados, gerando um relatório completo sobre todos os resíduos da unidade. Dessa forma, o aplicativo auxiliará de maneira eficaz técnicos de laboratório, docentes e discentes de química a gerenciar os resíduos, contribuindo para a diminuição do impacto ambiental causado pelo descarte incorreto e acúmulo inapropriado.

4.2. 2ª Etapa: Design visual

Na fase de design visual é possível utilizar o editor visual do FlutterFlow para projetar a interface do aplicativo. Isso inclui a criação de telas para diferentes funcionalidades, como cadastro de resíduos, consulta de dados, relatórios e configurações. Durante esse processo, é importante considerar a usabilidade e a intuitividade do design, garantindo uma experiência de usuário satisfatória. Ao adicionar componentes e widgets disponíveis no FlutterFlow, como botões, campos de texto e listas, o aplicativo começará a "ganhar vida". A personalização desses elementos para corresponder à identidade visual do sistema laboratorial será fundamental para a coesão do design. Esta etapa do projeto ainda se encontra em execução.

4.3. 3ª Etapa: Integração de dado

A integração de dados é uma etapa crítica, na qual o aplicativo será conectado a um banco de dados para armazenar e recuperar informações sobre os resíduos químicos. Serviços como Firebase Firestore, MySQL ou SQLite podem ser utilizados para esse fim, junto com a implementação de um sistema de autenticação para garantir a segurança dos dados. Por fim, o teste e a interação são essenciais para garantir a qualidade do aplicativo. Testar em diferentes dispositivos e resoluções, bem como solicitar feedback dos usuários, permite identificar e corrigir quaisquer problemas antes da implantação. Em resumo, a criação de um aplicativo de sistema laboratorial de resíduos químicos com FlutterFlow envolverá etapas desde o design visual até a integração de dados e testes interativos. Isso inclui a criação de telas para funcionalidades específicas, a adição de componentes e

widgets, a integração com um banco de dados para armazenamento de dados críticos e a realização de testes rigorosos para garantir a qualidade e usabilidade do aplicativo. Uma vez concluído, o aplicativo pode ser implantado nos campi do IFPR ou mesmo nas instituições públicas de educação básica.

5. Conclusão

O ResiduoLab ChemSafe surge como uma proposta inovadora e sustentável para a gestão de resíduos químicos em laboratórios educacionais, integrando tecnologia e conscientização ambiental. O projeto busca otimizar o controle de resíduos, promover boas práticas e auxiliar no cumprimento de normas ambientais, contribuindo para um ambiente mais seguro e sustentável. Embora ainda não tenham sido realizados testes completos, o sistema desenvolvido apresenta um potencial significativo para transformar a rotina dos laboratórios. Com a continuidade da implementação e validação, espera-se que o aplicativo desempenhe um papel relevante na segurança, eficiência e responsabilidade ambiental, alinhando-se às necessidades atuais das instituições de ensino.

Agradecimentos: À Profa. Kessia Marchi, Profa. Daniela Flor e Prof. Ayslan Possebom por auxiliarem nas dúvidas ao desenvolver as disciplinas Tópicos Especiais em Tecnologia, Projetos de Interface para Web e Programação para Web, respectivamente.

References

- Babar, Z. B., Haider, R., and Sattar, H. (2022). Conventional and emerging practices in hazardous waste management. In Shareefdeen, Z., editor, *Hazardous Waste Management*, pages 57–93. Springer, Cham.
- Borguezani Carvalho, G., Carvalho Fernandes, A. M., and Schwambach, C. (2024). Mynd: Aplicativo que visa amenizar a dependência de smartphones. *Anais Simpósio de Pesquisa e Seminário de Iniciação Científica*, 8(1). Recuperado de <https://sppaic.fae.emnuvens.com.br/sppaic/article/view/286>.
- Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) (2011). Resolução nº 430 de 13/05/2011. dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a resolução nº 357, de 17 de março de 2005. Disponível em: <https://www.mma.gov.br/port/conama/res/res11/res43011.pdf>. Acesso em: 20/03/2024.
- et al., S. (2023). Cloud-based smart parking system using internet of things. In *2023 International Wireless Communications and Mobile Computing (IWCMC)*, pages 1377–1382. Acessível em <https://ieeexplore.ieee.org/xpl/conhome/10182387/proceeding>. Acesso em 20/03/2024.
- FlutterFlow (2024). Build applications faster than ever. <https://flutterflow.io/>. Acessado em 20/03/2024.
- Instituto Butantan (2014). *Guia prático de descarte de resíduos*. Instituto Butantan, São Paulo, 1ª edition.
- Luoma, S. M. and Rainbow, P. S. (2005). Why is metal bioaccumulation so variable? biodynamics as a unifying concept. *Environmental Science Technology*, 39(7):1921–1931.