















Correspondência do Autor

¹ Universidade Estadual de Campinas
 Instituto de Química
 Campinas, SP – Brasil
manoelv@unicamp.br

Sistema de Gestão de Resíduos Químicos: do início ao fim¹

Manoel Victor Frutuoso Barrionuevo 
 Eduardo Adilson Orlando 
 Orlando Célio Campovilla Junior 
 Rosemar Sant'Anna dos Santos 
 Fabiano dos Santos Cruz 
 Michele Nunes de Lima Moreira 
 Ana Augusta Odorissi Xavier 
 Alessandra Cazelatto de Medeiros 
 Diana Mara Dias Arroyo 
 Samuel Santos de Oliveira 
 Vanilda Nilsen 
 Iramaia Angélica Neri Numa 

Resumo

Introdução: A Faculdade de Engenharia de Alimentos (FEA) da UNICAMP, apesar de ter uma Comissão de Gestão de Resíduos (CGR) atuante, enfrentava desafios na gestão de resíduos químicos. As rotinas manuais, a necessidade de múltiplas checagens e a sobrecarga de trabalho geravam ineficiência, erros e lentidão no processo. Para solucionar esses problemas, a CGR desenvolveu um sistema gestor automatizado. Essa ferramenta, criada com tecnologias gratuitas (HTML, JavaScript e Google App Script), permitiu o controle completo do fornecimento de recipientes coletores e da identificação destes por códigos únicos, simplificando a etapa do recebimento, facilitando a coleta de dados e eliminando a necessidade de checagens manuais constantes. A ferramenta é disponível online a qualquer membro da FEA, de modo que estes possam realizar demandas e acompanhar o processo. **Objetivo:** A implementação do sistema para a gestão de resíduos químicos na FEA, que promova a redução do tempo gasto em tarefas manuais e maior agilidade no atendimento às demandas, a diminuição de erros humanos e maior controle sobre o processo, a organização automática dos inventários de resíduos e a resolução mais rápida de problemas. **Metodologia:** As automações criadas são construídas em três camadas, sendo a interface gráfica para interação

¹ Esse o resumo deste trabalho foi publicado primeiramente no 9º Simpósio dos Profissionais da UNICAMP (Campinas, nov. 2024) sob o eixo "Administração e Gestão", sendo adaptado para a seção "Comunicação" da Revista Saberes Universitários.

humano-máquina, criada inteiramente em HTML, o ambiente virtual que abriga a primeira camada. Já a segunda camada compreende o ambiente de pré-processamento de dados, realizado empregando JavaScript, com o qual é possível criar o veículo de comunicação com a terceira camada, a qual ocorre na nuvem de serviços Google, gratuitamente disponível para qualquer usuário que possua uma conta na plataforma Google e desenvolvida através da ferramenta Google App Script. **Resultados:** Os resultados são apresentados nas sequências de imagens abaixo que ilustram as interfaces operantes de sistema e a interface humano-máquina construída para interação com os usuários. **Conclusão:** O presente trabalho apresenta a implementação eficiente de um sistema automatizado de gestão que permite o controle absoluto de todas as etapas críticas no processo de gestão do controle e monitoramento das atividades de disponibilização de recipientes e coleta dos resíduos químicos gerados pelos laboratórios de pesquisa e ensino da FEA.

Palavras-chave

Resíduos. Automação. Sistemas. Químicos. Gestão.

Residue Management System: from the beginning to the end

2

Abstract

Introduction: The Faculty of Food Engineering (FEA) at UNICAMP, despite having an active Waste Management Commission (CGR), faced challenges in the management of chemical waste. Manual routines, the need for multiple checks and work overload led to inefficiency, errors and slowness in the process. To solve these problems, CGR developed an automated management system. This tool, created using free technologies (HTML, JavaScript and Google App Script), has enabled complete control of the supply of collection containers and their identification by unique codes, simplifying the receiving stage, facilitating data collection and eliminating the need for constant manual checks. The tool is available online to any member of the FEA, so that they can make requests and monitor the process. **Objective:** The implementation of a system for chemical waste management at the FEA, which promotes a reduction in the time spent on manual tasks and greater agility in meeting demands, a reduction in human error and greater control over the process, the automatic organization of waste inventories and faster resolution of problems. **Methodology:** The automations created are built in three layers, with the graphical interface for human-machine interaction, created entirely in HTML, being the virtual environment that houses the first layer. The second layer

comprises the data pre-processing environment, realised using JavaScript, with which it is possible to create the communication vehicle with the third layer, which takes place in the Google services cloud, freely available to any user with an account on the Google platform and developed using the Google App Script tool. **Results:** The results are shown in the image sequences below, which illustrate the system's operational interfaces and the human-machine interface built for interaction with users. **Conclusion:** This work presents the efficient implementation of an automated management system that allows absolute control of all the critical stages in the management process of controlling and monitoring the activities of providing containers and collecting the chemical waste generated by the FEA's research and teaching laboratories.

Keywords

Residue. Automation. Systems. Chemicals. Management.

CRediT

Reconhecimentos: Não aplicável.

Financiamento: Não aplicável.

Conflitos de interesse: O autor certifica que não tem interesse comercial ou associativo que represente um conflito de interesses em relação ao manuscrito.

Aprovação ética: Não aplicável.

Disponibilidade de dados e material: Não aplicável

Contribuições dos autores: Conceitualização: Curadoria de dados: Análise formal: Aquisição de financiamento: Investigação: Metodologia: Administração do projeto: Recursos: Software: Supervisão: Validação: Visualização: Escrita – rascunho original: Escrita – revisão & edição: BARRIONUEVO, M. V. F.; ORLANDO, E. A.; CAMPOVILLA JUNIOR, O. C.; SANTOS, R. S.; CRUZ, F. S.; MOREIRA, M. N. L.; XAVIER, A. A. O.; MEDEIROS, A. C.; ARROYO, D. M. D.; OLIVEIRA, S. S.; NILSEN, V. e NUMA, I. A. N.

Imagem: Extraída do LinkedIn

ODS 12 – Consumo e Produção Sustentáveis



Submetido em: 30/09/2024 – Aceito em: 07/10/2024 – Publicado em: 07/03/2025

Editor: Gildenir Carolino Santos

1 INTRODUÇÃO

A preocupação com resíduos químicos na Faculdade de Engenharia de Alimentos (FEA) da UNICAMP é um sentimento presente na comunidade há muitos anos, porém somente em 2015 que a FEA instituiu a Comissão de Resíduos Químicos (CRQ), que em 2016 teria seu Plano de Gestão de Resíduos Químicos (PGRQ) aprovado, permitindo uma atuação mais estruturada das ações da então CRQ. Já em 2017, a CRQ ganhou seu primeiro prêmio PAEPE localmente, demonstrando a importância e relevância de sua ação. Porém, em 2021 a implementação de um novo Plano de Gestão de Resíduos Local (PGRL) deu origem à Comissão de Gestão de Resíduos (CGR), deixando para trás o foco na gestão de resíduos químicos e ampliando para uma gestão de resíduos integrada, atendendo às demandas diversas de geração de resíduos na comunidade, sejam eles químicos, biológicos, recicláveis, compostáveis entre outros.

Com o passar do tempo, a atuação da CGR na FEA passa a assumir um *corpus* complexo, sendo necessária a criação de diversas frentes para tratar todas as dinâmicas que envolvem a gestão de resíduos, a saber: Resíduos Orgânicos, Recicláveis e Compostáveis (RORC), Resíduos Químicos e Biológicos (RQB) e Resíduos Especiais (RE). Das frentes citadas, a RQB configurava uma das atividades mais onerosas em relação ao tempo despendido pela CGR na resolução, atendimento e gestão dos muitos cenários que essa frente se responsabiliza.

No que tange às dinâmicas da RQB, a CGR buscou atender às orientações apresentadas pela secretaria de Gestão de Ambiente e Resíduos (GEARE), criando fluxos de trabalho que compreendem a disponibilização de coletores de resíduos aos laboratórios de ensino e pesquisa, e a segregação e identificação adequada dos resíduos, em observância às portarias do Ministério da Justiça e Segurança Pública 204, de 21 de outubro de 2022 e 223, de 21 de novembro de 2022. Esse trabalho, bem estabelecido nas rotinas da CGR, era realizado de maneira manual, com registro em apostilas, exigindo múltiplas checagens para certificação de ausência de não conformidades, contando para isso com a ativa participação dos geradores de resíduos no correto preenchimento de planilhas de solicitação de descida de resíduos, bem como na solicitação espontânea de recipientes coletores.

Embora funcional, as rotinas estabelecidas pela CGR apresentavam dificuldades como a ocorrência frequente de erros humanos, ineficiência no correto rastreamento de geração de resíduos, lentidão na resolução de problemas e constante necessidade de checagens, que demandavam mutirões extensos e de execução trabalhosa. Sobretudo, as atividades de gestão dos dados referentes ao inventário de resíduos químicos eram conduzidas por um único membro da CGR, gerando sobrecarga para este responsável.

A solução proposta para estes desafios foi a criação de um sistema gestor automatizado que permitisse o controle completo do fornecimento de recipientes coletores, a identificação dos recipientes com código unívoco e o desenvolvimento de um método de recebimento também automatizado. Para isso foi empregada uma solução programada em sistema aberto que permite realizar toda a rotina de gestão, sendo apenas necessária a checagem manual dos dados uma única vez a cada semestre, seguindo-se a escala de recolhimento de resíduos para incineração proposta pelo GEARE, que sugere a segregação de resíduos químicos por classe a saber: hidrocarbonetos (HC), sulfurados (CS), organofosforados (OF), nitrogenados (CN), organohalogenados (OH), inorgânicos (IN) e metais tóxicos (MT).

Para criar este sistema, o presente trabalho construiu uma solução simples com recursos totalmente gratuitos que alia linguagem de marcação de hipertexto (*HTML*), linguagem de programação *JavaScript* e a solução *Google App Script* (GOOGLE, s.d.). Este sistema foi disponibilizado em página própria da CGR (www.sma.fea.unicamp.br/cgr.forms.html), permitindo que qualquer usuário vinculado à FEA tenha acesso aos formulários *online* de forma a realizar demandas e ser atendido em suas necessidades.

A presente solução aqui exposta já está em uso na FEA há pouco mais de um semestre, provando-se eficiente na resolução dos problemas supracitados concernentes à gestão dos resíduos químicos, promovendo eficiência, segurança e celeridade tanto no atendimento à comunidade quanto na organização dos inventários de resíduos.

2 DESENVOLVIMENTO

As automações criadas são construídas em três camadas, sendo a interface gráfica para interação humano-máquina, criada inteiramente em *HTML*, o ambiente virtual que abriga a primeira camada. Já a segunda camada compreende o ambiente de pré-processamento de dados, realizado empregando *JavaScript*, com o qual é possível criar o veículo de comunicação com a terceira camada, a qual ocorre na nuvem de serviços Google, gratuitamente disponível para qualquer usuário que possua uma conta na plataforma Google e desenvolvida através da ferramenta *Google App Script*.

Esquemáticamente, a primeira camada estabelece o ambiente no qual o usuário realiza a inserção de dados, como um formulário, que são coletados e validados pela segunda camada após o usuário confirmar o preenchimento. Embora a segunda camada ocorra na página de interface humano-máquina e corresponda a um pré-processamento, a terceira camada realiza uma segunda etapa de tratamento dos dados, a qual compreende a categorização da informação e sua posterior organização em planilhas a depender de seu tipo e do formulário escolhido pelo usuário, isto é, se a solicitação foi para descida de resíduo químico ou pedido de recipiente para coleta de resíduo.

O funcionamento regular deste sistema permite a criação de uma única planilha eletrônica em que é possível verificar o registro de todas as operações realizadas após a interação dos usuários com o sistema, além da rápida comunicação ao solicitante informando a condição de sua solicitação. Finalmente, os dados coletados e tratados compõem o inventário organizado de resíduos químicos que já é disposto no padrão de formatação proposto pelo GEARE, sendo necessário apenas uma conferência rápida dos itens registrados em planilha com os itens fisicamente presentes no depósito de resíduos químicos local.

3 METODOLOGIA

O presente trabalho tem natureza quali-quantitativa, de tipo documental, o qual emprega soluções de automação e controle para gestão eficiente de dados referentes à geração de resíduos químicos por laboratórios de pesquisa e ensino na FEA. Através do extensivo uso de recursos computacionais para tratamento de informação obtida de formulários preenchidos *online* por diversos usuários. O sistema de automação aqui apresentado consegue categorizar e mensurar corretamente os tipos de resíduos declarados por cada usuário, criando assim um único inventário padrão que permite o pleno rastreamento de todos os resíduos no que diz respeito à sua natureza, quantidade, declaração de conteúdo e origem.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A interface gráfica que permite a interação humano-máquina é apresentada na **Figura 1**, em que é possível observar os botões interativos para acesso aos sistemas de formulários de solicitação de descida de Químicos, medida de resíduos Biológicos, Bombonas e Compostáveis.

Figura 1. Interface gráfica dos sistemas de requisição *online*



Fonte: Elaborada pelos autores, (2024).

O formulário de solicitação de descida de resíduos químicos é apresentado na **Figura 2**, em que é possível observar todos os campos requisitados para realizar a solicitação, os quais são validados pelo sistema para certificar de que o usuário não se equivocou no preenchimento dos dados.

Figura 2. Interface gráfica do formulário de requisição de descida de resíduo químico

E-mail	Nome	Labor.	Depar.	Docente	Código	Classe	Tipo	Vol. (L)	Massa (kg)	Descrição	Remover
--------	------	--------	--------	---------	--------	--------	------	----------	------------	-----------	---------

Fonte: Elaborada pelos autores, (2024).

Já a **Figura 3** apresenta o formulário de requisição de bombonas, isto é, de recipiente coletor de resíduos químicos, em que também é necessário o correto preenchimento para identificação de todos os envolvidos no processo de solicitação, permitindo que o sistema realize validação automática para o solicitante, associando o solicitante a um laboratório específico (através de código próprio da certificação da unidade) e docente responsável, em atendimento à CAD 003/1999. Ademais, o formulário também exige identificação de uma

classe de resíduo a qual a bombona será dedicada, de forma que seja possível certificar-se de que a bombona solicitada somente poderá apresentar resíduos de uma mesma classe.

Figura 3. Interface gráfica do formulário de requisição de bombonas

Fonte: Elaborada pelos autores, (2024).

Após preenchimento do formulário, o usuário recebe um e-mail automático informando os próximos procedimentos a serem realizados por parte da CGR e por parte do solicitante, bem como cópias das etiquetas que identificam univocamente a bombona solicitada através de um código, permitindo à CGR identificar a bombona, o tipo de resíduo permitido para essa bombona, o local que a abrigará e o momento de sua retirada conforme ilustrado na **Figura 4**.

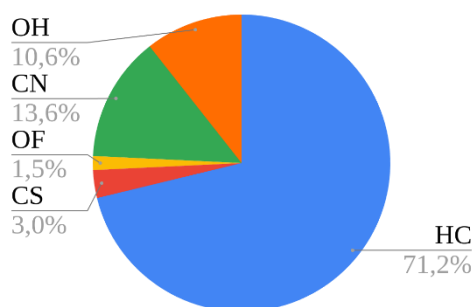
Figura 4. Etiqueta de bombona com código no campo “Bombona N°”, identificação de laboratório no campo “N° do Órgão” e tipo de resíduo no campo “Denominação da classe do resíduo”

Bombona N°	Resíduo para Incineração	
0067-FEA	Líquido	
DESIGNAÇÃO ONU	Substâncias que apresentam risco para o meio ambiente, líquidas, N.E - Resíduos	
N° IDENTIFICAÇÃO ONU	3082	
Classificação da NBR 10.004	CLASSE I - PERIGOSOS	
DENOMINAÇÃO DA CLASSE DO RESÍDUO CARACTERIZAÇÃO	Reagente de laboratório HC - Hidrocarboneto	
GERADOR		
NOME	UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS	
N° do Órgão	04.28.08.00.00	Data Embalagem:

Fonte: Elaborada pelos autores, (2024).

Até o presente momento em que este trabalho é apresentado, somam-se nas bases de dados do sistema um total de 66 bombonas solicitadas, as quais compreendem apenas resíduos dos tipos HC, CS, OF, CN e OH, sendo o primeiro notadamente dominante conforme ilustrado no gráfico apresentado na **Figura 5**.

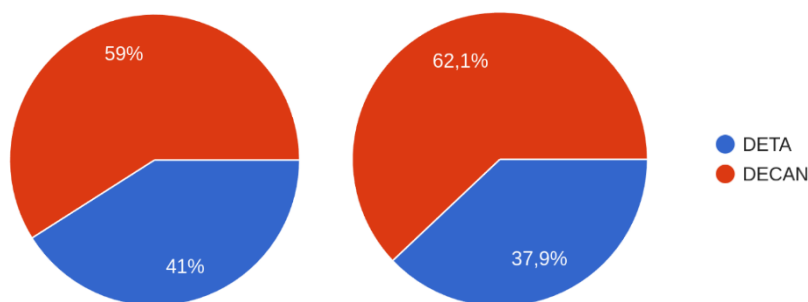
Figura 5. Gráfico do percentual de solicitação de bombonas de acordo com classe de resíduo



Fonte: Elaborada pelos autores, (2024).

Por outro lado, é possível observar que, embora o número de solicitações de bombonas do Departamento de Engenharia e Tecnologia de Alimentos (DETA) e do Departamento de Ciência de Alimentos e Nutrição (DECAN) seja semelhante, este segundo gerou um volume maior de resíduos, como apresentado no gráfico da **Figura 6**. Porém, uma rápida análise dos dados permite compreender que a geração de resíduos notada para o DECAN no presente estudo corresponde à um descarte pontual maior de passivos químicos sólidos, o que explica a não correspondência entre os percentuais de solicitação de bombona e descida de resíduos exposto no gráfico da **Figura 6**.

Figura 6. Gráfico da gestão de resíduos por departamento, à esquerda percentual de solicitação de bombonas, à direita percentual de solicitação de descida de resíduo químico



Fonte: Elaborada pelos autores, (2024).

Por não ser viável a disposição de caixas para recolhimento de resíduos sólidos para cada laboratório, a CGR realiza o recebimento de resíduos sólidos junto ao de bombonas, sendo estes resíduos dispostos em caixas específicas que correspondam com sua classificação indicada pelo solicitante ao realizar o pedido de descida.

5 CONCLUSÃO

O presente trabalho apresenta a implementação eficiente de um sistema automatizado de gestão que permite o controle absoluto de todas as etapas críticas no processo de gestão do controle e monitoramento das atividades de disponibilização de recipientes e coleta dos resíduos químicos gerados pelos laboratórios de pesquisa e ensino da FEA.

A experiência aqui relatada permanece em efetivo exercício e com ampla adesão da comunidade e com vistas a um segundo passo de implementação destas soluções em aplicativos de celulares, buscando ampliar o leque de possibilidade de atendimento aos usuários e promovendo uma cultura de adesão e participação na gestão eficiente de resíduos da FEA.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Ministério da Justiça e Segurança Pública. **Portaria nº 204, de 24 de outubro de 2022**. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 24 out. 2022. Seção 1.

BRASIL. Ministério da Justiça e Segurança Pública. **Portaria nº 223, de 21 de novembro de 2022**. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 21 nov. 2022. Seção 1.

GOOGLE. Visão geral das referências. Apps Script. Disponível em: <https://developers.google.com/apps-script/reference?hl=pt-br>. Acesso em: 22 set. 2024.