

“Do conhecimento acadêmico à transformação sustentável: inovação com validação científica”**BOAS PRÁTICAS E PROCEDIMENTOS EM LABORATÓRIOS DE QUÍMICA ANALÍTICA**Pedro Henrique Mouallem Gonçalves¹ (IC), Diego Maurício Yepes Maya¹ (PQ)¹Universidade Federal de Itajubá.**Palavras-chave:** Analisador Termogravimétrico. Boas Práticas. Bomba Calorimétrica. Manuais. Procedimentos.**Introdução**

A Química Analítica, campo dedicado ao estudo e desenvolvimento de métodos para determinar a composição de substâncias, acompanha a humanidade desde os tempos mais antigos e está diretamente relacionada ao avanço científico e tecnológico (Hernández e Silva, 2009). O conhecimento detalhado da composição de materiais é essencial para áreas como a descoberta de novas substâncias, o controle de qualidade de produtos e a análise ambiental. Nesse cenário, os laboratórios de química analítica consolidaram-se como espaços fundamentais para a pesquisa, ensino e extensão, tornando-se ferramentas necessárias para universidades, centros de pesquisa e indústrias (LINS, 2020).

Entretanto, a complexidade das atividades realizadas nesses ambientes apresenta desafios relevantes, sobretudo quanto à segurança e à eficiência. A manipulação de reagentes químicos, o uso de equipamentos de alta precisão e a execução de metodologias específicas podem expor os profissionais a riscos físicos e químicos. A ausência de boas práticas pode levar a acidentes, comprometer a confiabilidade dos resultados e gerar desperdícios de tempo e recursos. Por isso, a segurança deve estar integrada de forma natural às práticas laboratoriais, como parte essencial da experiência científica (Carvalho e Teixeira, 1999).

Neste contexto, a iniciação científica aqui apresentada foi desenvolvida em um laboratório de caracterização de biomassa com o objetivo de aprimorar a padronização dos processos e a segurança das operações. A proposta buscou a elaboração de manuais operacionais simplificados para os equipamentos Bomba Calorimétrica e Analisador Termogravimétrico (TGA), instrumentos fundamentais para a análise energética da biomassa. A sistematização dos procedimentos teve como propósito não apenas otimizar a rotina dos usuários, mas também fomentar uma cultura de segurança e eficiência, beneficiando tanto estudantes em formação quanto pesquisadores mais experientes.

O objetivo geral deste trabalho foi desenvolver manuais operacionais padronizados, com base em boas práticas

laboratoriais e normas ASTM, para uso em um laboratório de caracterização de biomassa. Para isso, buscou-se estudar normas de segurança e boas práticas em laboratórios de química analítica, elaborar manuais concisos para os equipamentos Bomba Calorimétrica e Analisador Termogravimétrico (TGA), promover treinamentos práticos voltados ao manuseio seguro e eficiente desses instrumentos e, por fim, catalogar fotografias e vídeos como suporte visual, tanto para os manuais quanto para a divulgação científica das atividades.

Com a execução deste trabalho, espera-se que os resultados demonstrem que a adoção de protocolos claros e concisos, baseados em manuais de fabricantes e normas internacionais (como as da ASTM), são um passo fundamental para elevar o padrão das atividades laboratoriais. A criação de manuais de operação simplificados, testados na prática e complementados com materiais visuais, mostrou-se uma estratégia eficaz para minimizar erros, otimizar o tempo de análise e garantir a confiabilidade dos dados obtidos. Assim, este trabalho contribuiu de forma significativa para a formação de uma base sólida para a continuidade da pesquisa no laboratório de caracterização de biomassa.

Metodologia

A metodologia utilizada neste trabalho baseou-se em diferentes etapas complementares que garantiram a elaboração e validação dos manuais operacionais. Inicialmente, realizou-se o estudo aprofundado dos manuais e metodologias fornecidos pelos fabricantes — Manual do Calorímetro IKA C 2000 Basic / Control (IKA®-Werke) e TGA701 Thermogravimetric Analyzer Instruction Manual (LECO Corporation, 2016) — que, embora extensos e pouco práticos para consultas rotineiras (92 e 332 páginas, respectivamente), forneceram a base técnica fundamental para o entendimento das metodologias e para o treinamento inicial dos operadores.

Posteriormente, o treinamento prático incluiu instruções teóricas baseadas nesses manuais, orientações do

“Do conhecimento acadêmico à transformação sustentável: inovação com validação científica”

professor responsável e atividades de campo nos próprios equipamentos, assegurando a correta preparação das amostras, a calibração, o manuseio seguro de reagentes e o uso adequado de EPIs. Essa prática possibilitou identificar pontos críticos e sintetizar os procedimentos em manuais simplificados, adaptados à realidade do laboratório e entendimento dos operadores.

Paralelamente, foram analisados trabalhos científicos que embasaram tanto o domínio da linguagem acadêmica quanto a compreensão de metodologias aplicáveis. Nesse contexto, destaca-se OLIVEIRA (2013), que ressalta a importância das boas práticas laboratoriais como fator de segurança e eficiência, e Santos et al. (2018), que evidenciam a relevância dos manuais como instrumentos de sistematização de processos, garantindo padronização e confiabilidade. Abaixo apresenta-se a tabela que norteou o estudo de artigos científicos.

1	Leitura Inicial do Resumo e Identificação do Tipo de Artigo
2	Compreensão do Objetivo do Artigo e das Metodologias Utilizadas
3	Análise Crítica dos Resultados e Discussão
4	Leitura e Avaliação da Conclusão
5	Identificação das Limitações e Relevância do Artigo
6	Aplicabilidade das Informações/Resultados do Artigo na Iniciação Científica

Tabela 1 - Procedimento para Análise de Artigos Científicos

A combinação entre prática experimental, estudo de literatura, análise de manuais técnicos e análise crítica de metodologias possibilitou o desenvolvimento de manuais claros, concisos e aplicáveis ao cotidiano, assegurando a operação segura e eficaz dos equipamentos no laboratório de caracterização de biomassa.

Resultados e discussão

O principal resultado deste trabalho foi a elaboração e a implementação de manuais operacionais simplificados e padronizados para o uso dos equipamentos Bomba Calorimétrica e Analisador Termogravimétrico (TGA). Esses manuais foram criados para facilitar a operação diária e, principalmente, para garantir a segurança dos procedimentos. O projeto atingiu 100% do público interno do laboratório, beneficiando todos os usuários e proporcionando um ambiente mais seguro e eficiente. A sistematização de processos, como a criação desses manuais, é facilmente aplicável em um contexto de laboratório e serve como um modelo de boas práticas para outros ambientes de pesquisa. As ações desenvolvidas

respondem à problemática inicial de incentivar as boas práticas e procedimentos no laboratório de química analítica. A criação e manutenção desses manuais, de acordo com as necessidades periódicas, contribuíram significativamente para a eficiência dos equipamentos e dos insumos utilizados. Estes resultados foram possíveis a partir de um extensivo trabalho de análise de artigos científicos. O que possibilitou a familiarização com metodologias e práticas adequadas em laboratório, além do entendimento da linguagem científica aplicada em contextos laboratoriais.

Os manuais operacionais e os treinamentos práticos para os equipamentos Bomba Calorimétrica e Analisador Termogravimétrico (TGA) foram desenvolvidos com base em boas práticas e nas normas internacionais da ASTM. A implementação desses protocolos contribuiu para a redução de erros, o aumento da precisão dos resultados e a otimização do tempo de análise, minimizando o desperdício de insumos. O conhecimento técnico avançado e a adoção de protocolos de segurança rigorosos garantiram o uso adequado de EPIs e o manuseio seguro das amostras. As imagens a seguir ilustram o produto final do projeto e a forma como a informação foi simplificada para os usuários.



Figura 1 – Capa do Manual de Operação

“Do conhecimento acadêmico à transformação sustentável: inovação com validação científica”

③ INICIANDO AS ANÁLISES

Após ter feito o cadastro das amostras e posicionado os cadinhos da forma correta, pressione F5 para iniciar o procedimento. Primeiramente será feita a análise de umidade, que deve ser feita com os cadinhos destampados.

↓ EM SEGUIDA ↓

Ao fim da análise, aparecerá “ready to add or remove crucible cover, press loader button when ready”, após isso, aperte o botão verde para abrir a tampa do equipamento.

TOME CUIDADO COM A TEMPERATURA DO FORNO DO EQUIPAMENTO, É RECOMENDADO QUE SE ESPERE ESFRIAR UM POUCO ANTES DE PROCEDER E GIRAR O CARROSEL PARA NÃO COLOCAR A MÃO DENTRO DO FORNO.

Adicione as tampas dos cadinhos que estão com as amostras utilizando o pegador.

Em seguida, será feita a análise de voláteis.

Ao fim da análise de voláteis, novamente aparecerá uma mensagem na tela do software. Nesta etapa em específico, deve-se tirar as tampas dos cadinhos para o início da análise de cinzas.

FIM DAS ANÁLISES

Após o fim da análise de cinzas, o procedimento é encerrado e os resultados são expostos no menu inicial do software, resultados tabelados e gráficos.



Sample	Moisture	Volatiles	Ash	Fixed Carbon	Volatiles	Dry Ash	Dry
1001	1.27	25.01	74.78	0.98	0.00	11.22	85.98
1002	1.27	25.01	74.78	0.98	0.00	11.22	85.98
1003	1.27	25.01	74.78	0.98	0.00	11.22	85.98
1004	1.27	25.01	74.78	0.98	0.00	11.22	85.98
1005	1.27	25.01	74.78	0.98	0.00	11.22	85.98
1006	1.27	25.01	74.78	0.98	0.00	11.22	85.98
1007	1.27	25.01	74.78	0.98	0.00	11.22	85.98
1008	1.27	25.01	74.78	0.98	0.00	11.22	85.98
1009	1.27	25.01	74.78	0.98	0.00	11.22	85.98
1010	1.27	25.01	74.78	0.98	0.00	11.22	85.98

Figura 2 - Exemplo de procedimento ilustrado do TGA

Além da criação dos manuais, o projeto incluiu a catalogação sistemática de fotografias e vídeos de diversos itens presentes no laboratório, como equipamentos, substâncias e ferramentas. Esse material visual foi organizado em um repositório digital de fácil acesso, servindo como um suporte crucial e complementar aos manuais e às atividades de pesquisa. A importância dessas imagens se estendeu além do uso interno, pois foram amplamente utilizadas para a divulgação científica do trabalho em redes sociais, como o perfil @ecoeng_unifei. Essa iniciativa demonstrou que a comunicação científica pode ser mais acessível, alcançando um público acadêmico e externo e reforçando o impacto das atividades de pesquisa.

A eficácia do trabalho se reflete na melhoria dos procedimentos operacionais e na criação de uma cultura de segurança e eficiência no laboratório. A combinação de manuais, treinamentos práticos e a análise contínua da literatura científica garantiu que as atividades de pesquisa estivessem sempre alinhadas com os mais altos padrões de qualidade e segurança.

Conclusões

O presente trabalho de iniciação científica alcançou plenamente seu objetivo de desenvolver e implementar manuais operacionais baseados em boas práticas e procedimentos para o laboratório de caracterização de biomassa. O projeto foi um sucesso, resultando na criação de guias claros e concisos para os equipamentos Bomba Calorimétrica e Analisador Termogravimétrico (TGA). A eficácia dessas ações foi comprovada, beneficiando 100% do público interno do laboratório. Além de padronizar o uso seguro e eficaz dos equipamentos, os manuais contribuíram para a otimização dos processos de análise, minimizando erros e o desperdício de insumos. A pesquisa também demonstrou que a sistematização de procedimentos e a análise da literatura científica são cruciais para a inovação e segurança em ambientes laboratoriais. A catalogação de fotografias e vídeos, inicialmente um recurso de suporte para os manuais, revelou-se uma ferramenta valiosa para a divulgação científica, ampliando o alcance das atividades do laboratório e fortalecendo o seu compromisso com a excelência na pesquisa. Em suma, este trabalho não apenas aprimorou a rotina do laboratório, mas também forneceu uma metodologia replicável para outros projetos que buscam unir a eficiência operacional com a rigorosa validação científica.

Agradecimentos

Agradeço ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), ao PIBITI, ao professor orientador, aos colegas de laboratório pela colaboração, e à universidade pelo suporte técnico e acadêmico oferecido durante o desenvolvimento deste trabalho. Agradeço, especialmente, à minha família pelo apoio constante e incentivo.

Referências

HERNÁNDEZ, A. R.; SILVA, M. T. R. La investigación en Química Analítica en México en los albores del siglo xxi: Una visión desde el Área de Química Analítica de la Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa. **Bol Soc Quím Méx**, v. 3, n. 1, p. 58-68, 2009.

LINS, Aline Obage. **Boas Práticas em Laboratório Químico**. Trabalho de conclusão de curso (Licenciatura em Química) — Universidade Federal de São Carlos, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Ciências da Natureza, Matemática e Educação, Araras, 2020. Orientação: Prof.^a Dr.^a Roselena.

“Do conhecimento acadêmico à transformação sustentável: inovação com validação científica”

CARVALHO, M. F. N.; TEIXEIRA, C. Segurança em Laboratórios de Ensino de Química e Investigação III: Jardim de Sílica e Outras Experiências Atractivas. **Química, Boletim da Sociedade Portuguesa de Química**, n. 73, p. 17-26, 1999.

FORTE, C. M. S.; PACHECO, L. C. M.; QUEIROZ, Z. F. de. **Química Analítica I**. Fortaleza, CE: Editora da Universidade Estadual do Ceará – EdUECE, 2019.

OLIVEIRA, M. B. **Manual de Boas Práticas de Laboratório**. Porto Alegre: Universidade Estadual do Rio Grande do Sul (UERGS), dez. 2018.

SANTOS, L. D. L. dos; FLORÊNCIO, M. N. da S.; ESCOBAR, M. A. R.; ZAMBANINI, M. E. A importância dos manuais na gestão dos processos de trabalho com base na percepção da gerência: Um estudo de caso. In: **Proceeding of ISTI/SIMTEC**, v. 9, n. 1, p. 105-115, 2018.

IKA®-WERKE. **Manual do Calorímetro IKA C 2000 Basic / Control**. s.d.

LECO CORPORATION. **TGA701 Thermogravimetric Analyzer Instruction Manual**. Versão 1.5x. St. Joseph, MI: Leco Corporation, 2016. Part Number 200-287.

DIN. **Determination of calorific value of solid and liquid fuels - Bomb calorimeter method**. DIN 51900, 2000.

ISO. **Solid mineral fuels - Determination of gross calorific value by the bomb calorimetric method, and calculation of net calorific value**. ISO 1928, 2009.

ASTM. **Standard Test Method for Heat of Combustion of Liquid Hydrocarbon Fuels by Bomb Calorimeter**. ASTM D240, 2019.

ASTM. **Standard Test Method for Heat of Combustion of Liquid Hydrocarbon Fuels by Bomb Calorimeter (Precision Method)**. ASTM D4809, 2013.

ASTM. **Standard Test Method for Gross Calorific Value of Coal and Coke**. ASTM D5865, 2019.

ASTM. **Standard Test Method for Gross Calorific Value of Coal**. ASTM D1989, 2015.

ASTM. **Standard Test Method for Gross Calorific Value of Refuse-Derived Fuel by the Bomb Calorimeter**. ASTM D5468, 2014.

ASTM. **Standard Test Method for Gross Calorific Value of Refuse-Derived Fuel by the Bomb Calorimeter**. ASTM E711, 2017.