

***Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária  
Embrapa Agroenergia  
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento***

# **QUÍMICA ANALÍTICA aplicada à agroenergia**

*Sílvio Vaz Júnior  
Itânia Pinheiro Soares*

***Embrapa***  
*Brasília, DF*  
*2012*

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

**Embrapa Agroenergia**

Parque Estação Biológica (PqEB) s/n°  
W3 Norte (final).  
CEP 70770-901 Brasília, DF  
Fone: (61) 3448-4246  
Fax: (61) 3448-1589  
www.cnpae.embrapa.br  
sac@cnpae.embrapa.br

**Embrapa Informação Tecnológica**

Parque Estação Biológica (PqEB)  
Av. W3 Norte (Final)  
CEP 70770-901 Brasília, DF  
Fone: (61) 3448-4236  
Fax: (61) 3448-2494  
www.embrapa.br/liv  
vendas.sct@embrapa.br

**Unidade responsável pelo conteúdo**

Embrapa Agroenergia

Comitê de Publicações da Embrapa Agroenergia

Presidente

*José Manuel Cabral de Sousa Dias*

Secretária-executiva

*Anna Leticia Montenegro Turtelli Pighinelli*

Membros

*Larissa Andreani*

*Leonardo Valadares*

*Alice Medeiros de Lima*

*Viviane Maria Zanella Bello Fialho*

Revisão técnica

*Nívia Maria Melo Coelho (Universidade Federal de  
Uberlândia)*

*Isabel Cristina Pereira Fortes (Universidade Federal de  
Minas Gerais)*

Normalização bibliográfica dos originais

*Maria Iara Pereira Machado*

**Unidade responsável pela edição**

Embrapa Informação Tecnológica

Coordenação editorial

*Fernando do Amaral Pereira*

*Lucilene Maria de Andrade*

*Nilda Maria da Cunha Sette*

Supervisão editorial

*Juliana Meireles Fortaleza*

Revisão de texto

*Maria Cristina Ramos Jubé*

Normalização bibliográfica

*Iara Del Fiaco Rocha*

Projeto gráfico, editoração eletrônica e tratamento de  
imagens

*Júlio César da Silva Delfino*

Capa

*Ana Suelen Troiano*

Fotos da capa

Reservatórios de refinaria: *R. T. Martin/Fotolia.com*

Árvore dentro do balão volumétrico: *Chepko Danil/  
Fotolia.com*

Vidraria de laboratório: *S. Olivier/Fotolia.com*

**1ª edição**

1ª impressão (2012): 1.000 exemplares

**Todos os direitos reservados**

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte,  
constitui violação dos direitos autorais (Lei n° 9.610).

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**

Embrapa Informação Tecnológica

---

Vaz Júnior, Sílvio.

Química analítica aplicada à agroenergia / Sílvio Vaz Júnior; Itânia Pinheiro Soares. – Brasília, DF : Embrapa, 2012.  
97 p. 16 cm x 22 cm.

ISBN 978-85-7035-113-5

1. Química analítica. I. Soares, Itânia Pinheiro. II. Embrapa Agroenergia. III. Título.

CDD 543

© Embrapa 2012

## Apresentação

A Embrapa Agroenergia é uma das 47 unidades descentralizadas da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Sua missão é viabilizar soluções tecnológicas inovadoras para o desenvolvimento sustentável e equitativo do negócio da agroenergia do Brasil, em benefício da sociedade.

Localizada estrategicamente em Brasília, a Embrapa Agroenergia tem a finalidade de coordenar e apoiar ações técnico-científicas de forma a viabilizar a geração e a transferência de conhecimentos e tecnologias necessárias para atender as demandas dos clientes e as políticas públicas das áreas energética, social, ambiental, do agronegócio e de abastecimento. É fundamental que essas ações atendam às demandas nacional e internacional de biocombustíveis e de bioprodutos, e que promovam o aperfeiçoamento contínuo dos agentes das cadeias produtivas do negócio da agroenergia.

No Brasil, as duas mais importantes cadeias são a de produção de etanol a partir de cana-de-açúcar e a de produção de biodiesel a partir, principalmente, da soja. A aplicação da Química Analítica é de grande importância para a garantia de matérias-primas e de produtos gerados por essas cadeias, além de auxiliar na visualização de novas oportunidades e na redução do impacto negativo dessas e de outras cadeias da biomassa.

Este livro faz parte de uma estratégia que valoriza as oportunidades que os conceitos de biorrefinaria e da química verde oferecem para a exploração do potencial da biomassa brasileira. O objetivo é trabalhar em parceria com foco na solução de problemas, de forma a priorizar ações para a busca de soluções para as demandas identificadas junto ao setor produtivo.

*Maurício Antônio Lopes*  
Presidente da Embrapa

Os autores agradecem à Embrapa Agroenergia pela oportunidade de elaboração e publicação desta obra. Agradecem, também, às professoras doutoras Nívia Maria Melo Coelho (Instituto de Química da Universidade Federal de Uberlândia) e Isabel Cristina Pereira Fortes (Departamento de Química da Universidade Federal de Minas Gerais), pela revisão técnica do texto. Agradecem, ainda, à Ana Suelen Troiano pela elaboração da capa e à Embrapa Informação Tecnológica, pela edição da obra.

## Prefácio

Esta obra tem por objetivo demonstrar a importância da Química Analítica para o setor agroenergético e para os setores afins, tanto pela aplicação de técnicas e métodos convencionais de análise, quanto pela proposta de técnicas e métodos inovadores, os quais podem influenciar positivamente e de uma forma direta o rendimento do agronegócio brasileiro. Esses precedentes baseiam-se em grandes esforços buscando o desenvolvimento técnico e científico, e vêm se dando ao longo de décadas de trabalho por parte da comunidade científica de química.

Os autores realizaram um levantamento das principais técnicas analíticas em uso, tanto as clássicas quanto as instrumentais, baseando-se tanto na experiência profissional de cada um, quanto nas tendências observadas no trabalho de pesquisa, no controle químico de qualidade, nas legislações reguladoras e na literatura científica. Essa sistemática proporcionou abranger as necessidades de produtores, da indústria e de laboratórios de pesquisa, podendo, ainda, servir como referência a profissionais e estudantes de áreas diversas. Não foram, porém, detalhados com rigor os princípios teóricos das técnicas analíticas e dos métodos relacionados, pois isso poderia restringir o alcance da obra, sendo focados seus exemplos da aplicação prática.

Sendo a Embrapa uma instituição de reconhecida importância para o agronegócio, torna-se pertinente que seus pesquisadores se empenhem em levar aos setores produtivos os avanços técnico-científicos disponíveis para a garantia da qualidade dos produtos e para a redução do impacto ambiental negativo de seus processos produtivos, contribuindo para a sustentabilidade da exploração econômica da biomassa.

*Manoel Teixeira Souza Júnior*  
Chefe-Geral da Embrapa Agroenergia

# Sumário

Introdução.....	15
CAPÍTULO 1   A importância da Química Analítica .....	17
CAPÍTULO 2   Técnicas clássicas e instrumentais de análise .....	29
CAPÍTULO 3   Desenvolvimento, validação e controle de métodos analíticos.....	57
CAPÍTULO 4   Aplicações analíticas em agroenergia.....	71
Glossário.....	96

# Introdução

O desenvolvimento tecnológico da sociedade contemporânea vem trazendo cada vez mais a percepção da necessidade de um controle de produtos e de processos produtivos, tanto para garantir que tais produtos consumidos estejam de acordo com parâmetros de qualidade, quanto para evitar que os processos gerem impactos negativos ao meio ambiente. A partir dessas colocações, a preocupação da sociedade pela comprovação da sustentabilidade de uma cadeia produtiva ganhou corpo, tornando-se um item de forte apelo comercial para os segmentos produtivos, como o agronegócio, e em especial a agroenergia, já que esta última tem como principal proposta de marketing uma menor geração de gases do efeito estufa, quando em comparação com os combustíveis fósseis. Pode-se citar, como exemplo, o caso do biodiesel e do etanol, os quais buscam, como estratégia de mercado, serem vistos como combustíveis verdes.

A Química moderna desempenha um forte papel econômico nas atividades industriais, com grande destaque na agroenergia, pois é a partir de reações de síntese, métodos de separação e análises químicas que se obtêm produtos como os biocombustíveis, glicerina, entre outros. Existe uma tendência crescente da importância de sua aplicação a partir da implantação das biorrefinarias e dos princípios de química verde (VAZ JÚNIOR, 2010a). Nesse contexto, a Química Analítica poderá contribuir de forma relevante para toda a cadeia produtiva da biomassa agroenergética, seja ela de origem vegetal ou animal, porém com a primeira oferecendo os maiores desafios e as maiores possibilidades de exploração industrial, dada sua constituição química diversificada.

Técnicas e métodos analíticos dão o suporte para a implantação de legislações reguladoras de mercado e ambientais, para garantir a qualidade das matérias-primas e os rendimentos dos processos produtivos, além de viabilizar o desenvolvimento de novos produtos e materiais que agreguem valor à biomassa (VAZ JÚNIOR, 2010b). As técnicas espectroscópicas, eletroquímicas, cromatográficas, gravimétricas e titrimétricas desempenham papel importante na agroenergia, sendo vistas como tecnologias de suporte a todas as etapas dessa cadeia.

A aplicação prática de técnicas e métodos analíticos para a solução de problemas da agroenergia, em escala laboratorial ou industrial, é abordada de forma simplificada no livro, visando possibilitar a profissionais que não tenham formação sólida na área química fazer uso dessas técnicas e métodos.

## Referências

VAZ JÚNIOR, S. **Análise química instrumental e sua aplicação em controle de qualidade de biocombustíveis**. Brasília, DF: Embrapa Agroenergia, 2010a. 20 p. (Embrapa Agroenergia. Circular Técnica, 03).

VAZ JÚNIOR, S. **Uso dos coprodutos e resíduos de biomassa para obtenção de produtos químicos renováveis**. Brasília, DF: Embrapa Agroenergia, 2010b. 4 p. (Embrapa Agroenergia. Circular Técnica, 02).

# CAPÍTULO 1 | **A importância da Química Analítica**

---

A Química Analítica atua por meio do desenvolvimento e aplicação de técnicas e métodos analíticos que possam fornecer resultados representativos, confiáveis e rastreáveis, de acordo com padrões nacionais e internacionais de qualidade, como os estabelecidos pelo Cooperation on International Traceability in Analytical Chemistry (Citac) /A Focus for Analytical Chemistry in Europe (Eurachem) e pela International Standard Organization (ISO), entre outras organizações relacionadas à normatização da medição em Química. Ela é uma ciência fundamental para garantir a qualidade de um amplo conjunto de produtos industriais, não necessariamente químicos, e de que sem sua aplicação também não seria possível a determinação de compostos químicos de importância ambiental, farmacológica, forense, entre outros. Sua contribuição é relevante para o desenvolvimento e o uso de tecnologias sustentáveis. Inicialmente, deve-se ter em conta que existe uma diferença entre os termos análise química e Química Analítica. O primeiro termo refere-se à aplicação de um determinado método analítico, enquanto que o segundo refere-se ao desenvolvimento e à validação dos métodos e visam à detecção ou quantificação de compostos ou espécies químicas de interesse (analitos) em matrizes variadas, em uma abordagem analítica cujo objetivo é a identificação e a solução de um problema técnico-científico.