

**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO**  
**ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS**  
**DEPARTAMENTO DE HIDRÁULICA E SANEAMENTO**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA HIDRÁULICA E**  
**SANEAMENTO**

**EFEITO DA CONCENTRAÇÃO DE GLICOSE E DA ALCALINIDADE NA**  
**PRODUÇÃO DE HIDROGÊNIO EM REATOR ANAERÓBIO DE LEITO**  
**FLUIDIFICADO**

**Eduardo Lucena Cavalcante de Amorim**

**São Carlos**

**2009**

**EDUARDO LUCENA CAVALCANTE DE AMORIM**

**EFEITO DA CONCENTRAÇÃO DE GLICOSE E DA ALCALINIDADE NA  
PRODUÇÃO DE HIDROGÊNIO EM REATOR ANAERÓBIO DE LEITO  
FLUIDIFICADO**

Tese apresentada a Escola de Engenharia de São Carlos, da Universidade de São Paulo, para obtenção do título de Doutor em Engenharia Hidráulica e Saneamento.

**Orientador: Prof. Dr. Edson Luiz Silva**

**São Carlos**

**2009**

AUTORIZO A REPRODUÇÃO E DIVULGAÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTES TRABALHOS, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

Ficha catalográfica preparada pela Seção de Tratamento  
da Informação do Serviço de Biblioteca – EESC/USP

A135e Amorim, Eduardo Lucena Cavalcante de  
Efeito da concentração de glicose e da alcalinidade na  
produção de hidrogênio em reator anaeróbico de leito  
fluidificado / Eduardo Lucena Cavalcante de Amorim ;  
orientador Edson Luiz Silva - São Carlos, 2009.

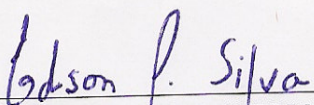
Tese (Doutorado-Programa de Pós-Graduação e Área de  
Concentração em Engenharia Hidráulica e Saneamento) --  
Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São  
Paulo, 2009.

1. Hidrogênio - produção. 2. Reator anaeróbico de leito  
fluidificado. 3. Conversão fermentativa. I. Título.

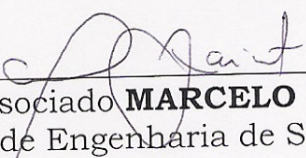
**FOLHA DE JULGAMENTO**

Candidato: Engenheiro **EDUARDO LUCENA CAVALCANTE DE AMORIM**

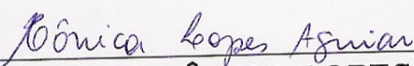
Tese defendida e julgada em 12/11/2009 perante a Comissão Julgadora:

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. **EDSON LUIZ SILVA (Orientador)**  
(Universidade Federal de São Carlos/UFSCar)

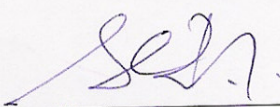
Aprovado

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Associado **MARCELO ZAIAT**  
(Escola de Engenharia de São Carlos/USP)

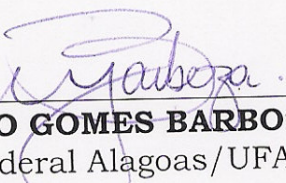
Aprovado

  
\_\_\_\_\_  
Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. **MÔNICA LOPES AGUIAR**  
(Universidade Federal de São Carlos/UFSCar)

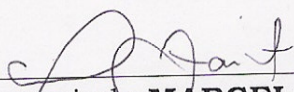
Aprovado

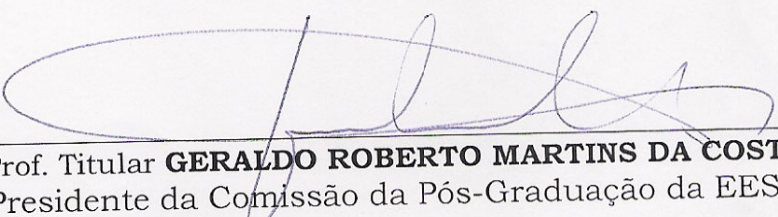
  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. **ALBERTO COLLI BADINO JR.**  
(Universidade Federal de São Carlos/UFSCar)

Aprovado

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. **MÁRCIO GOMES BARBOZA**  
(Universidade Federal Alagoas/UFAL)

Aprovado

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Associado **MARCELO ZAIAT**  
Coordenador do Programa de Pós-Graduação em  
Engenharia Hidráulica e Saneamento

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Titular **GERALDO ROBERTO MARTINS DA COSTA**  
Presidente da Comissão da Pós-Graduação da EESC

RECIBO  
Serviço de Pós-Graduação  
12/11/09

À minha esposa Evilania Amorim com Amor.  
Aos meus pais Ivanezjes Amorim e Selma  
Amorim, e à minha irmã Vanessa Amorim.

"A verdadeira sabedoria consiste em saber como aumentar o bem-estar do mundo."

(Benjamin Franklin)

"Quem possui a sabedoria obterá a glória em herança: para onde quer que vá, o Senhor abençoa."

(Eclo 4,13)

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, que é o maior responsável pela realização deste trabalho. Quero também mostrar minha gratidão a todos que de alguma forma contribuíram para a realização desta tese, mais especialmente a:

À minha esposa Evilania Amorim, pelo amor, dedicação, compreensão e pela ajuda nas horas difíceis, onde soube “segurar a barra”, juntamente com sua família, Maria Francisca (Tinha), José Luiz, Sebastião Neto (Neto) e Lynd. Todos têm um lugar especial no meu coração.

Meus pais, Ivanerjes e Selma Amorim, irmã Vanessa Amorim, ao Josias Lima, e demais familiares, tios e primos, que são a grande motivação de nosso sucesso; pelas suas demonstrações de confiança e compreensão.

Ao Prof<sup>o</sup>. Dr<sup>o</sup>. Edson Luiz Silva por acreditar e ter grande confiança em minha pessoa; pela eficácia orientação dedicada e principalmente pela amizade formada durante esses anos de trabalho.

Aos meus avós, Alpiniano e Maria Lucena Marques, José Amancio e Marinete Amorim, por todo apoio e carinho.

À Prof<sup>ta</sup>. Dr<sup>a</sup> Maria Bernadete A. Varesche pela sua sempre colaboração.

Aos meus tios Severino e Dilze Marques por terem sido exemplo para mim e por todo apoio e incentivo.

Ao meu tio Ivanjorge Amorim (em memória) pelos momentos descontraídos e por todo apoio e carinho.

Ao técnico Oscar da Silva, pela construção do reator e pela ajuda realizada durante o desenvolvimento do trabalho.

Ao Prof<sup>o</sup>. Titular Eugênio Foresti pela oportunidade em participar do Projeto Temático.

Ao Prof<sup>o</sup>. Dr<sup>o</sup>. Marcelo Zaiat pelas sábias orientações durante todo meu doutorado.

À Márcia Damianovic por todas as contribuições durante meu doutorado.

À Bruna Fernandes por todas as contribuições durante a elaboração do plano deste doutorado.

Ao Prof<sup>o</sup> Valdir Schalch por ter me acompanhado durante a etapa de estágio a docência do programa de aperfeiçoamento de ensino (PAE).

Às secretárias do departamento Sá e Pavi, em especial à recepcionista Rose pelo bom humor e disposição em sempre ajudar.

À Flávia e a Fernanda da contabilidade pela atenção e colaboração sempre dada.

À Janja e a Julia do Laboratório de Processos Biológicos-LPB do Departamento de Hidráulica e Saneamento da Escola de Engenharia de São Carlos - EESC/USP pelas análises de cromatografia.

À Eloísa Pozzi, Sandra Maintinguer, Isabel Sakamoto, Nora Kátia, pelas análises microscópicas e microbiológicas.

Ao Tiago Martins e a Lorena pelos ensinamentos em construções de árvores filogenéticas.

Ao meu grande amigo Prof<sup>o</sup>. Dr<sup>o</sup>. Márcio Barboza, pela contribuição e incentivo para a minha aprovação na pós-graduação.

A todos os meus ex-professores da Universidade Federal de Alagoas que sempre confiaram e acreditaram em meu potencial, em especialmente Prof<sup>o</sup>. Dr<sup>o</sup>. Roberaldo Carvalho, Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Cleuda Freire.

Aos amigos que fazem parte da colônia Alagoana e aos agregados, Antonio Netto, Saulo Almeida, Eduardo Toledo, Rafael Piatti, Walter Oliveira, Suzana, Gustavinho, Marininha, Rômulo Farias, Pedro, Valter Cléber, Paulino Almeida, Walter Ferreira, Álvaro, Rafael e outros.



A todos os amigos, Aruana, Cristiane, do Laboratório de Controle Ambiental II pelas contribuições, momentos de descontração e pela companhia.

Aos ex-alunos do Laboratório de Controle Ambiental II, Jorge Pantoja, Sylvia e Gessia pelas contribuições e pelos momentos de descontração.

Aos alunos de iniciação científica, Lucas, Guilherme, Aline, Igor e Danilo, do Laboratório de Controle Ambiental II pela colaboração na parte experimental.

Ao Sr<sup>o</sup>. Nelson Gallo do Instituto de Física de São Carlos da Universidade de São Paulo pelas análises de microscopia eletrônica de varredura.

Um especial agradecimento ao meu amigo e companheiro Antonio Pedro (Netto), pessoa com quem convivi durante boa parte da minha estada em São Carlos e que esteve sempre ao meu lado nos momentos de alegria, lazer e estresses.

Aos amigos de Maceió que compreenderam a minha ausência em certas ocasiões, mas que sempre estiveram no meu coração.

Ao CNPq e FAPESP pelo apoio financeiro e pelo investimento no Laboratório de Controle Ambiental II do Departamento de Engenharia Química da Universidade Federal de São Carlos - UFSCar.

## RESUMO

AMORIM, E.L.C. **Efeito da concentração de glicose e da alcalinidade na produção de hidrogênio em reator anaeróbico de leito fluidificado.** Tese (Doutorado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Departamento de Hidráulica e Saneamento, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2009.

O objetivo deste estudo foi avaliar o efeito da adição de alcalinidade, da concentração da glicose e da taxa de carregamento orgânico na produção de hidrogênio e ácidos orgânicos em reator anaeróbico de leito fluidificado (RALF), contendo argila expandida (2,8 – 3,35 mm) como material suporte para adesão microbiana. Foram utilizados oito reatores idênticos, sendo quatro deles operados sem adição de alcalinidade, e com concentração de glicose de 2000, 4000, 10000 e 25000 mg L<sup>-1</sup>, respectivamente. Outros quatro reatores operados com adição de alcalinidade, e com as mesmas concentrações de glicose cada um. Os reatores foram inoculados com lodo anaeróbico pré-tratado termicamente, operado com tempo de detenção hidráulica (TDH) decrescente de 8 h a 1 h à temperatura controlada de 30°C. Foi constatada produção volumétrica de hidrogênio máxima de 1,58 L h<sup>-1</sup> L<sup>-1</sup>, para o reator operado com 10000 mg L<sup>-1</sup> de glicose com adição de alcalinidade (R10CA) e um rendimento máximo de 2,52 mol H<sub>2</sub>/mol glicose, para o reator operado com 4000 mg L<sup>-1</sup> de glicose com adição de alcalinidade (R4CA). O biogás produzido foi composto de H<sub>2</sub> e CO<sub>2</sub>. Em ambos os reatores, o conteúdo de hidrogênio aumentou com a redução do TDH de 8 h para 1 h, alcançando valor máximo de 77%, para o reator operado com 4000 mg L<sup>-1</sup> sem adição de alcalinidade (R4SA). Os reatores operados com altas concentrações de glicose (10000 mg L<sup>-1</sup> e 25000 mg L<sup>-1</sup>) apresentaram maiores proporções de solventes como metabólitos solúveis. Verificou-se uma correlação linear entre a produção volumétrica de hidrogênio e a taxa de carregamento orgânico em todos os reatores. O rendimento, a produção volumétrica de hidrogênio e a distribuição dos metabólitos solúveis, em ambos os reatores, foram influenciados pelo aumento da concentração de glicose. O reator operado com 4000 mg L<sup>-1</sup>, com adição de alcalinidade, apresentou a distribuição mais favorável dos metabólitos solúveis para a produção de hidrogênio, o qual predominou o ácido acético e butírico. Neste mesmo reator, o rendimento da produção de hidrogênio foi superior aos outros reatores. As análises de clonagem e sequenciamento do consórcio bacteriano revelaram semelhanças com *Clostridium*, *Klebsiella*, *Enterobacter* e bactérias não cultivadas.

Palavras-chave: Produção de hidrogênio, reator anaeróbico de leito fluidificado, conversão fermentativa.

## Gracias por visitar este Libro Electrónico

Puedes leer la versión completa de este libro electrónico en diferentes formatos:

- HTML(Gratis / Disponible a todos los usuarios)
- PDF / TXT(Disponible a miembros V.I.P. Los miembros con una membresía básica pueden acceder hasta 5 libros electrónicos en formato PDF/TXT durante el mes.)
- Epub y Mobipocket (Exclusivos para miembros V.I.P.)

Para descargar este libro completo, tan solo seleccione el formato deseado, abajo:

