

## AValiação DA PRODUÇÃO DE BIOGÁS E GERAÇÃO DE METANO A PARTIR DE LODO DE ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE EFLUENTES E GLICERINA RESIDUAL

Odorico Konrad, Alan Nelson Arenhart Heberle, Camila Elis Casaril, Gustavo Vinícius Kaufmann, Marluce Lumi, Michel Dall' Oglío e Michele Schmitz

**RESUMO:** A produção de biogás tem se mostrado cada vez mais atrativa, principalmente em função da existência de biomassa com possibilidade de ser tratada por meio do processo de biorreação anaeróbia, devido à geração de biogás com alto teor de metano ( $\text{CH}_4$ ). Além disso, a própria geração de uma fonte renovável tem gerado outro subproduto, como o caso da produção de biodiesel, no qual se tem a glicerina como resíduo. Neste trabalho, avaliando a suplementação de glicerina em uma biorreação anaeróbia de lodo de estação de tratamento de efluentes, verificou-se que houve incremento na produção de biogás de 81,4 % quando o percentual de glicerina foi de 3% e de 59,2% quando a adição de glicerina foi de 6 %.

**PALAVRAS-CHAVE:** Biogás. Metano. Lodo. Estação de efluentes. Glicerina residual.

### 1 INTRODUÇÃO

Os resíduos de origem agrícola constituem uma fonte de biomassa para a utilização em biorreatores, por meio do princípio da biodigestão anaeróbia (biorreação) (AXAPOULOS; PANAGAKIS, 2003). O produto final desse processo é o biogás, fonte renovável de energia, composto basicamente por 50 a 70 % de metano ( $\text{CH}_4$ ) e 20 a 30 % de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ). Além disso, outros gases, como o sulfídrico, nitrogênio, monóxido de carbono e amônia estão presentes no biogás em menores proporções (COMASTRI FILHO, 1981; Teixeira, 1985). A quantidade de metano existente no biogás regula seu poder calorífico, que geralmente se situa na faixa de 5.000 a 6.000 kcal/m<sup>3</sup> em função da sua pureza. Quanto maior a concentração de metano no biogás, maior será o seu poder calorífico, podendo atingir em torno de 12.000 kcal/m<sup>3</sup> com a retirada de  $\text{CO}_2$ , ou seja, a sua purificação (COMASTRI FILHO, 1981).

Os resíduos no interior do digestor apresentam qualidade para uso como fertilizante agrícola (COMASTRI FILHO, 1981; AL-MASRI, 2001), o que torna o seu tratamento e a sua utilização importantes nos aspectos econômicos e ambientais, já que podem oferecer energia à comunidade rural, face à grande quantidade de matéria-prima disponível para sua produção, bem como de nutrientes para o solo de uso agrícola.

A formação biológica do metano é comum na natureza, entretanto é restrita a um grupo de bactérias denominadas metanogênicas, que são facilmente encontradas em ambiente anaeróbio (COMASTRI FILHO, 1981). Em função da temperatura, há o desenvolvimento de organismos distintos, como as bactérias mesofílicas, na faixa de 20 a 45 °C, que têm ótimo ponto de rendimento a 35 °C (COMASTRI FILHO, 1981). Entre os vários fatores que influem na atividade das bactérias metanogênicas, destacam-se a quantidade de matéria seca, a concentração de nutrientes, o pH, a temperatura interna do digestor, o tempo de retenção, a concentração de sólidos voláteis, a relação carbono/nitrogênio e a presença de substâncias tóxicas no interior do biodigestor. A relação carbono/nitrogênio é um dos parâmetros mais importantes, estando a relação ideal na faixa de 20 a

30:1, ou seja, 20 a 30 partes de carbono para uma de nitrogênio. A concentração de sólidos voláteis dos resíduos também indica a potencialidade da produção de biogás, visto que quanto maior for a concentração de sólidos voláteis de uma biomassa, maior será a produção de biogás (COMASTRI FILHO, 1981).

Aliado a isso, a glicerina resultante do processo de produção do biodiesel também constitui um subproduto passível de aproveitamento para a produção de biogás, devido ao seu alto teor de carbono facilmente degradável (AMON et al., 2006). Nesse sentido, Robra et al. (2010) afirma que a glicerina bruta é uma fonte de carbono adequada para processos anaeróbios microbiológicos em biodigestores, sendo uma possível solução para a recuperação da glicerina bruta proveniente da produção de biodiesel no Brasil, constituindo uma fonte de energia renovável e versátil. Amon et al. (2006) verificou elevados efeitos da adição da glicerina com acréscimos de 3 e 6%.

O objetivo deste estudo é analisar se há incremento na produção de biogás em função da adição de glicerina residual nos percentuais de 3 e 6% e analisar quantitativamente o metano nele contido. O substrato analisado é lodo proveniente da Faros Indústria de Farinha de Ossos Ltda., de Cruzeiro do Sul, e é composto por cerca de 60% de resíduos da Unidade Produtora de Leitões com idade de 21 dias, 10% de sangue *in natura* e 30% de resíduos flotados de frigoríficos e abatedouros, ou seja, gordura sobrenadante. Já a glicerina residual é oriunda da BSBios de Passo Fundo/RS e origina-se na produção de biodiesel por meio da esterificação do óleo de soja, sendo um subproduto formado.

Este estudo é desenvolvido no Laboratório de Biorreatores da Univates, e está atrelado aos projetos *Avaliação da geração de biogás a partir de dejetos oriundos da atividade agrícola com a utilização de glicerina residual como co-substrato*, financiado pelo Edital Procoredes VI e ao projeto *Gerenciamento integrado de resíduos: aplicação de processos oxidativos avançados e geração de energia*, financiado pela Univates. Além disso, também é vinculado ao Programa de Pós-Graduação em Ambiente e Desenvolvimento (PPGAD) da Univates.

## 2 MÉTODO

A caracterização da quantidade de biogás gerado no processo segue metodologia desenvolvida no Laboratório de Biorreatores da Univates, especificamente para a medição de biogás em escala laboratorial. O equipamento utilizado no processo de quantificação do biogás é composto por um biorreator de vidro com capacidade de 1 L, um coletor de biogás constituído por um tubo de vidro em forma de U, um sensor óptico, uma esfera de isopor e um circuito eletrônico que registra a passagem do biogás pelo sistema e calcula o volume gerado. O princípio de funcionamento do dispositivo é o deslocamento de fluidos, sendo a quantificação do biogás realizada quando ele, à medida que enche o tubo em forma de U, desloca o fluido nele contido (água) e eleva o nível de fluido no lado oposto, que é detectado por um sensor óptico, o qual envia essa informação a um circuito eletrônico. O volume de biogás gerado é determinado por meio da equação combinada dos gases ideais, que descreve que a relação entre a temperatura, a pressão e o volume de um gás é constante (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2009).

Os experimentos foram conduzidos em triplicata em uma incubadora bacteriológica adaptada para este fim, em que foi possível manter uma temperatura constante de 35 °C dentro dos reatores. Para atender aos objetivos propostos, formularam-se três triplicatas contendo o mesmo substrato, totalizando nove reatores. Uma das triplicatas representou a amostra controle e duas triplicatas receberam a adição de glicerina nos percentuais de 3 e 6% (com relação à quantidade total de amostra), respectivamente. Esses valores foram estipulados em função de experimentos realizados por Amon et al. (2006), nos quais se empregou os mesmos percentuais de glicerina. Os

momentos para o acréscimo da glicerina foram determinados em função da geração de biogás, sendo, à medida que havia decréscimo nos valores, adicionado glicerina.

As amostras continham um volume total de 600 g (cada reator). A qualificação do biogás produzido, medida em porcentagem de metano, foi realizada a partir da injeção do biogás em um sensor específico para a medição da concentração de gás metano, denominado Advanced Gasmitter, produzido pela empresa PRONOVA Analysentechnik GmbH & Co. A amostra também foi submetida a análises físico-químicas de pH, sólidos totais (ST) e voláteis (SV), Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) e Demanda Química de Oxigênio (DQO). As análises de DQO, DBO, pH, sólidos totais e voláteis foram repetidas ao final do experimento, a fim de avaliar a eficácia do processo de biorreação.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na Tabela 1 estão representados os resultados dos parâmetros físico-químicos analisados na amostra (pré e pós-processo de biorreação). Notou-se considerável redução com relação à carga orgânica do substrato da fase inicial (pré-biorreação) para a fase final (pós-biorreação), com valor na redução de 95,5% para DBO e 48% para DQO na amostra controle. Enquanto isso, na amostra cuja adição de glicerina foi de 3%, a redução da carga da DBO foi de 77,4% e da DQO de 39%. Contudo, na amostra cuja adição de glicerina foi de 6%, a redução da DBO foi de apenas 2,9% e a DQO sofreu um incremento de 188,3%.

Os menores valores de redução na carga orgânica na amostra na qual se adicionou glicerina 3% e 6% (neste percentual observou-se inclusive um incremento na DQO), com relação à amostra controle (sem adição de glicerina), estão relacionados à alta carga orgânica da glicerina usada no experimento, com Carbono Orgânico Total (COT) de 543.400 mg/L.

Tabela 1 - Resultados de análises físico-químicas do lodo utilizado no experimento

	pH	ST (%)	SV (%)	SF (%)	DBO (mg/L O <sub>2</sub> )	DQO (mg/L O <sub>2</sub> )
Amostra pré-tratamento	7	0,6775	55,79	44,21	7.446	19.816
Controle	7,5	1,1	57,2	42,7	332	10.304
Glicerina 3 %	7,5	1,6	54,9	45,1	1.684	12.088
Glicerina 6 %	7,5	3,3	74	25,9	7.230	57.135

ST: sólidos totais; SV: sólidos voláteis; SF: sólidos fixos.

Fonte: Os autores.

Com relação à geração de biogás e percentuais de metano, na Figura 1 estão expressos os resultados obtidos na amostra controle, na qual a produção total de biogás ao final do processo foi de 2.400 mL, enquanto os níveis de metano chegaram a 68 %. Os valores máximos diários na geração de biogás ocorreram no período inicial do teste, entre o 5° e o 7° dias, enquanto o término da produção de biogás se deu no 15° dia.

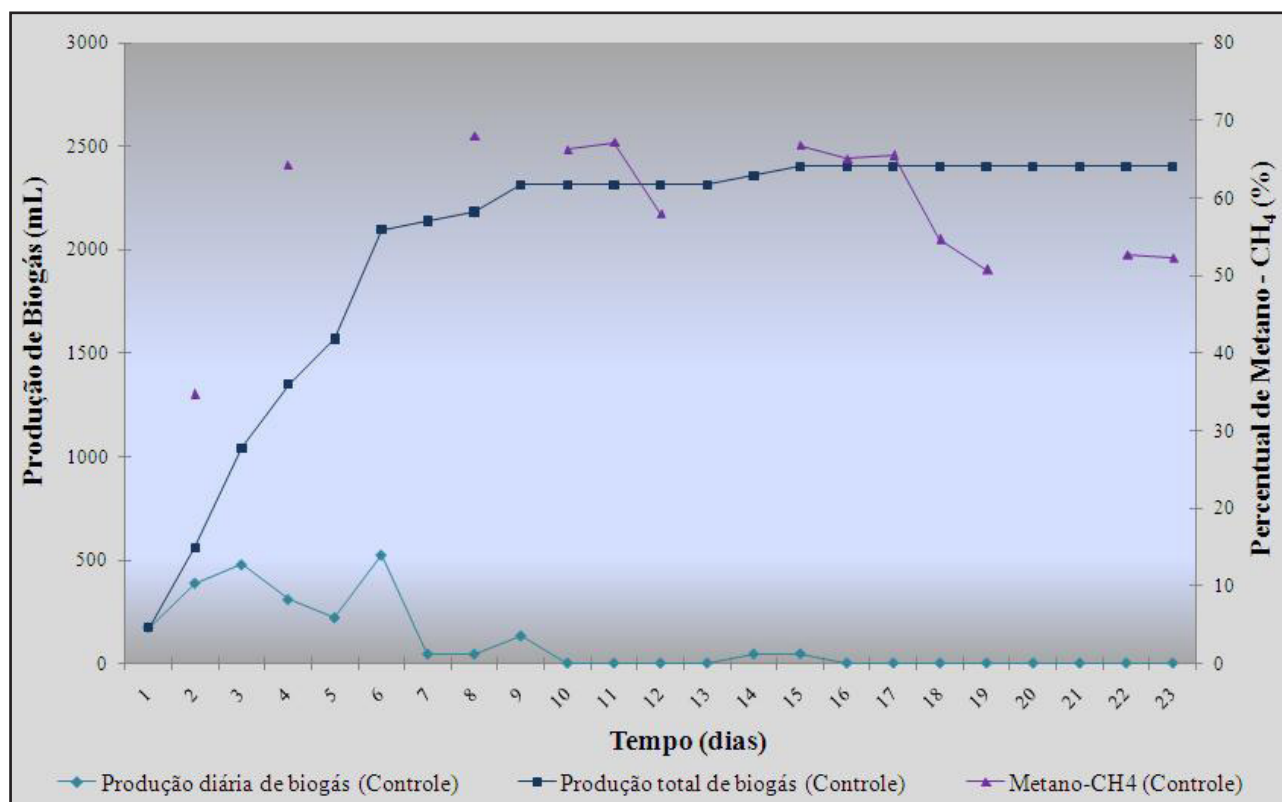


Figura 1 - Representação da geração de biogás na amostra controle

A Figura 2 apresenta os valores referentes à geração de metano e biogás na amostra em que se adicionou o percentual de 3 % de glicerina. A produção totalizou cerca de 12.920 mL, o que representa um incremento de 81,4 % em relação à amostra controle. Os valores para o metano alcançaram 72 %, sendo considerados satisfatórios para fins energéticos.

A adição de glicerina se deu no 5º, 9º, 11º, 16º e 19º dia. Essas datas foram escolhidas em função da diminuição na produção de biogás, monitorado diariamente, pois em trabalho apresentado por [Schmitz et al. \(2010\)](#), sugere-se a adição da glicerina no momento em que ocorre a diminuição na produção de biogás. Também se verificou que houve um pico na produção de biogás posteriormente à data da adição da glicerina, porém os resultados vinculados ao percentual de metano se mostram baixos logo após a aplicação de glicerina, retornando a percentuais entre 50 % e 70 % apenas no segundo dia após a adição.

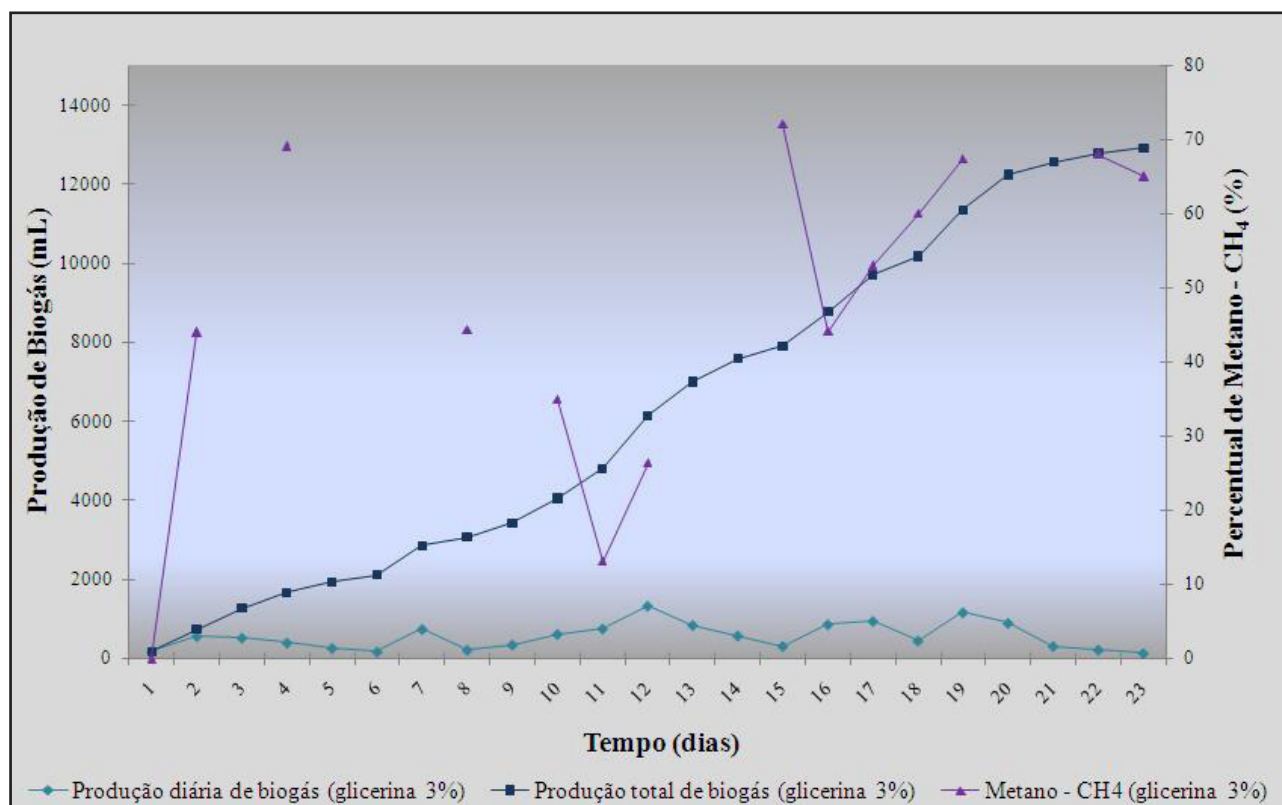


Figura 2 - Produção de biogás e metano com a adição de 3 % de glicerina

Na Figura 3 está representada a produção de biogás originada com a adição de 6 % de glicerina, que resultou em uma produção total de biogás de 5.800 mL, representando 59,2 % de incremento com relação à amostra controle. O metano alcançou valores de 61 %, o que é considerado satisfatório para fins energéticos. Entretanto, obteve-se este resultado previamente à aplicação da glicerina, que se deu também no 5º, 9º, 11º, 16º e 19º dia. A adição da glicerina também ocorreu respeitando-se o trabalho de [Schmitz et al. \(2010\)](#). O qual sugere a adição do produto no momento em que ocorre a diminuição da produção de biogás. Do mesmo modo que no experimento com a adição de 3 % de glicerina, a adição de 6 % de glicerina representou incrementos visíveis nos dias subsequentes, especificamente no 7º, 10º e 12º. Também verifica-se que, imediatamente após a adição de glicerina, ocorre uma diminuição no percentual de metano, porém nesta situação não há aumento posterior, mantendo-se em índices abaixo do desejado com relação ao potencial energético.

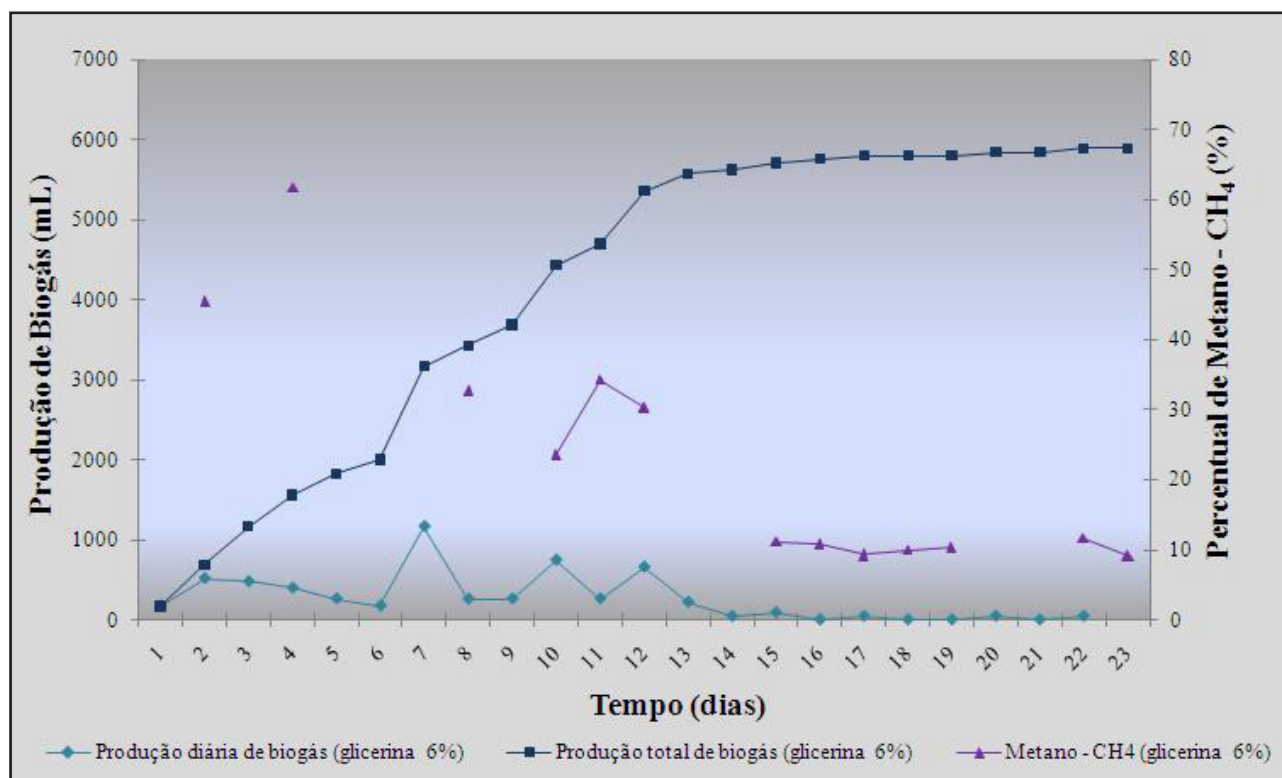


Figura 3 - Produção de biogás e metano com a adição de 6% de glicerina

#### 4 CONCLUSÕES

Verificou-se melhor desempenho na produção de biogás na amostra cuja adição de glicerina foi de 3 %, que apresentou um incremento de 81,4 % com relação à amostra controle. Já na amostra com adição de 6 % de glicerina, o acréscimo na geração de biogás foi de 59,2 %, se comparado à amostra controle.

A porcentagem de metano verificada nos experimentos foi satisfatória, chegando a 72 % na amostra com adição de 3 % de glicerina, inclusive após a adição do produto, o que não ocorreu no experimento com adição de 6 % de glicerina, no qual os índices de metano decaíram até cerca de 10 %.

A adição de glicerina no decorrer do processo de biodigestão representa um potencial significativo no que se refere à quantidade de biogás gerado, porém testes para efetivar os valores referentes à perda com relação ao percentual de metano gerado, conforme o observado nesta pesquisa, são necessários, a fim de confirmar os resultados. Ressalta-se que o experimento ocorreu com lodo de estação de tratamento, sendo a suplementação com glicerina também possível em outros substratos.

#### REFERÊNCIAS

AL-MASRI, M. R. Changes in biogas production due to different ratios of some animal and agricultural wastes. *Bioresource Technology*, Oxford, v. 77, n. 1, p. 97-100, 2001. ①

AMON, T. et al. Optimising methane yield from anaerobic digestion of manure: Effects of dairy system and glycerine supplementation. *International Congress Series*, v. 1293, p. 217-220, jul. 2006. ① ② ③

AXAOPOULOS, P.; PANAGAKIS, P. Energy and economic analysis of biogas heated livestock buildings. **Biomass & Bioenergy**, v. 24, n. 3, p. 239-248, mar. 2003. ①

COMASTRI FILHO, J. A. **Biogás**: independência energética do Pantanal Mato-Grossense. Corumbá: Embrapa, 1981. ① ② ③ ④ ⑤ ⑥

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentos de Física 2**. 8. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2009. ①

ROBRA, S., et al. Generation of biogas using crude glycerin from biodiesel production as a supplement to cattle slurry. **Biomass and Bioenergy**, v. 34, n. 9, p.1330-1335, set. 2010. ①

SCHMITZ, M., et al. Avaliação da produção de biogás a partir de lodo de estação de tratamento de efluentes e glicerina residual. In: JORNADA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA - MEIO AMBIENTE, FUNDAÇÃO ZOOBOTÂNICA DO RIO GRANDE DO SUL/FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL, 6, 2010, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre, 2010. ① ②

TEIXEIRA, E. N. **Adaptação de estruturas existentes (esterqueiras) em biodigestores**. Campinas: Unicamp, 1985. 285 f. Dissertação (Mestrado Engenharia de Alimentos e Agrícola) Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 1985. ①

