

EFEITO DA INOCULAÇÃO COM ESGOTO SANITÁRIO NO TRATAMENTO DE EFLUENTES DE LATICÍNIOS

Débora Chianca T. de C. Galvão¹

Sara Amélia O. Galvão²

RESUMO

A produção de queijo, especialmente o “queijo coalho”, está representada como uma das principais atividades no ciclo produtivo do leite no Rio Grande do Norte, e por que não irmos mais além, do nordeste brasileiro. Porém, ligado ao grande interesse econômico dessa atividade, tem-se em contrapartida, a geração de um significativo montante de resíduos na forma do efluente líquido chamado soro. Neste trabalho, realizou-se um estudo avaliativo da cinética de biodigestão do soro, proveniente da etapa de coagulação do leite, inoculado com esgoto doméstico, em diferentes níveis de inserção. Sendo realizada uma comparação entre a velocidade específica de biodigestão do soro bruto e do soro inoculado com o esgoto doméstico. A técnica utilizada apresentou níveis de reprodutibilidade satisfatórios, tendo um fácil manejo e resultados analíticos rápidos e precisos. A inoculação acelera o processo de biodegradação, porém obtendo efeitos mais significativos ao nível de 15% de esgoto doméstico. Os modelos matemáticos utilizados apresentaram resultados satisfatórios, possuindo níveis de correlação superiores à 86%.

PALAVRAS-CHAVE: inoculação microbiana, tratamento anaeróbio & soro de queijo.

EFFECT OF INOCULATION WITH WASTEWATER FOR TREATMENT DAIRY EFFLUENT

ABSTRACT

The production of cheese, in particular the type "curd" is present as one of the main activities in the productive cycle of the milk in the state of Rio Grande do Norte, and why not of northeastern Brazil. However, the aggregate activity of great economic interest has been the generation of a considerable amount of waste in the form of a liquid effluent called whey. In

¹ Aluno do curso de especialização (UNI-RN).

² Coordenadora do curso de Pós-graduação em Gestão e Perícia Ambiental do UNI-RN, mestre em Engenharia Química pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte – s_galv@yahoo.com.br.

this work, it was an evaluative study of the kinetics of digestion of the serum, from step coagulation of milk inoculated with sewage sludge at different levels of integration. As a comparison between the specific speed of digestion of raw whey and whey inoculated with sewage. The technique presented satisfactory reliability levels, with an easy handling and fast and accurate analytical results. Inoculation accelerates the biodegradation process, but with more significant effects at 15% of domestic sewage. The mathematical models used showed satisfactory results, with correlation levels exceeding 86%.

KEYWORDS: microbial inoculation, anaerobic treatment & cheese whey.

1 - INTRODUÇÃO

A produção de queijo, especialmente o “queijo coalho”, está representada como uma das principais atividades no ciclo produtivo do leite no Rio Grande do Norte, e por que não irmos mais além, do nordeste brasileiro. Porém, ligado ao grande interesse econômico dessa atividade, tem-se em contrapartida, a geração de um significativo montante de resíduos na forma do efluente líquido chamado soro.

O soro é caracterizado por uma alta carga orgânica, e, por condições específicas de fermentação, o seu reaproveitamento é mais difícil ao não ser realizado em outras atividades do ciclo láctico.

Normalmente estes resíduos são encontrados na natureza de forma inadequada, o que termina causando um sério impacto ambiental. Paralelo a isso, o surgimento de tecnologias alternativas vem diminuindo os custos de tratamento de resíduos industriais, bem como, facilitando a implantação e o monitoramento deles.

Dentre as formas de tratamento, evidenciam-se as formas biológicas, sejam elas em ambientes aeróbios ou anaeróbios, ou mesmo, de forma facultativa.

Geralmente o soro apresenta uma flora microbiana restrita, já que é gerado num processo industrial do qual seus padrões sanitários e higiênicos possuem alto grau de rigidez. Por essa razão, o soro leva um tempo maior para conseguir atingir a regimentação do seu processo de biodegradação, além de ficar mais suscetível à atividades antimicrobianas (detergentes e outros meios físico-químicos). Em decorrência disso, vê-se a necessidade de uma complementação, ou seja, uma inoculação de microorganismos para uma maior eficácia no processo.

Dentre as diversas maneiras de elevar a carga microbiana no soro, destaca-se o uso de efluentes domésticos, como por exemplo, os provenientes de dejetos humanos, nos quais

possuem uma alta carga desses organismos. Além dessa ser uma alternativa conjugada para o tratamento desses dois tipos de resíduos.

Neste trabalho, realizou-se um estudo avaliativo da cinética de biodigestão do soro, proveniente da etapa de coagulação do leite, inoculado com esgoto doméstico, em diferentes níveis de inserção. Sendo realizada uma comparação entre a velocidade específica de biodigestão do soro bruto e do soro inoculado com o esgoto doméstico.

2. METODOLOGIA EXPERIMENTAL

2.1. Materiais

Soro: Proveniente de uma indústria de processamento de queijo “coalho”, de um município da Grande Natal, Parnamirim, estado do Rio Grande do Norte. Coletado na fonte, após o término da coagulação e da filtração primária, foi acondicionado em caixas isotérmicas seguido de um banho de gelo, e transferido para as dependências do laboratório, onde foi realizado o experimento e as análises.

Esgoto Doméstico: O efluente em estudo é classificado como esgoto tipicamente doméstico, de baixa carga, procedente das Residências Universitárias I e II, do Ginásio de Esportes, do Departamento de Educação Física, do Restaurante e do Pouso Universitário do Campus da UFRN/Natal-RN. Coletado segundo as normas de estabilização. O esgoto utilizado apresenta aproximadamente $1,38 \times 10^6$ de E. Coli e $2,64 \times 10^6$ de Coliformes Fecais (LIMA et al, 2000).

2.2. Experimentos

Para os ensaios de biodigestão, foram misturadas as frações de amostra bruta e de inóculo que no caso específico desse estudo foi de: (A) 95% Soro e 5% de Esgoto e (B) 85% de Soro e 15% de Esgoto. A homogeneidade foi feita por meio de um agitador magnético por cerca de 15 minutos.

As amostras eram transferidas em volume de 330 mL para garrafas de polietileno (especialmente preparadas com tampa e mangueira para saída de gases). Utilizou-se 30 garrafas para acompanhamento por volta de 45 dias sem periodicidade pré-definida. A mangueira de contra-pressão foi submersa em água de recipientes auxiliares (objetivando

bloquear o contra-fluxo de gases e com isso garantir o ambiente anaeróbio ao decorrer do experimento). O Modelo do Módulo Experimental é mostrado na Figura 1.

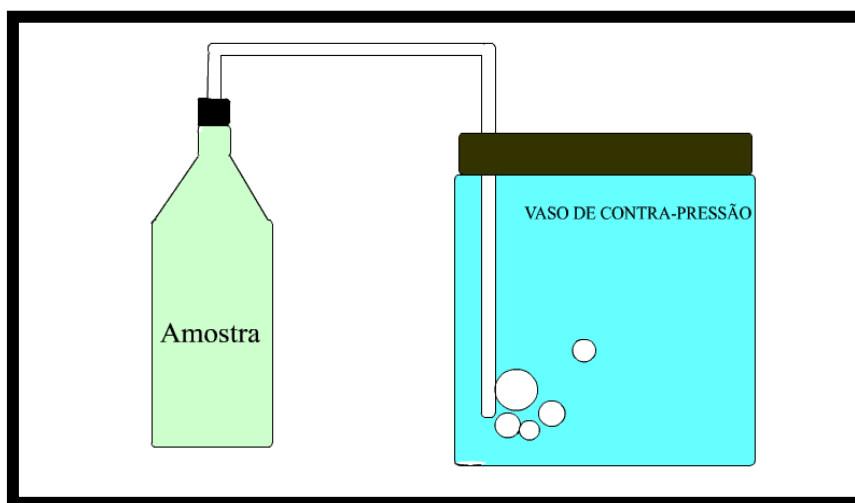


Figura 1: Esquema do Módulo Experimental para Acompanhamento da Biodegradação.

O ensaio foi realizado em laboratório com temperatura estabilizada em aproximadamente 25°C e com a ausência de insolação direta.

2.3. Acompanhamento Cinético

As determinações analíticas ao longo dos 45 dias foram:

- Teor de Sólidos Totais: Método Gravimétrico, por secagem a 70°C.
- Teor de Sólidos Voláteis: Método Gravimétrico, por calcinação a 550°C (por diferença de massa).
- Teor de Sólidos Fixos: Método Gravimétrico, por calcinação a 550°C.
- pH: Medidas diretas em Potenciômetro Digital.
- Acidez: Método Volumétrico utilizando solução padrão de NaOH 0,01M e fenolftaleína como indicador (expresso em g ácido láctico/g amostra).
- Turbidez: Medição direta em Turbidímetro (diluição de 5% de amostra em água).
- Aspectos Organolépticos: Avaliação em escala específica para a cor e o odor.

Os dados obtidos foram adaptados a uma cinética de primeira ordem, detalhando o consumo da matéria carbonácea e nitrogenada. A avaliação dos modelos foi realizada através

do coeficiente de correlação da regressão linear efetuada e pela análise de variância entre os valores preestabelecidos pelos modelos e os dados experimentais.

Os ensaios foram realizados em duplicata, objetivando a constatação da reprodutibilidade dos dados.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os dados experimentais obtidos permitiram a construção de curvas cinéticas de biodegradação anaeróbias, representadas pelo consumo da matéria orgânica (Sv), tendo a representação gráfica mostrada na Figura 2. Observa-se um decréscimo na formatação logarítmica, onde a degradação nos primeiros dias acontece à taxas mais significativas, tendo uma estabilização a partir do tempo de meia vida das reações envolvidas.

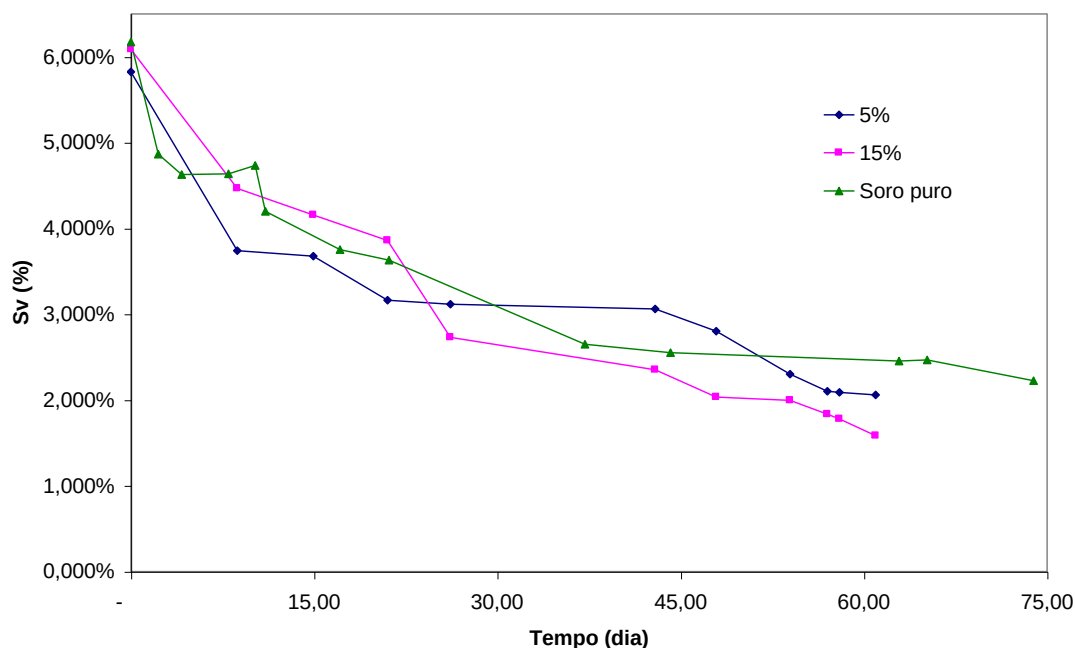


Figura 2: Dados Cinéticos para a Degradação das Amostras Estudadas.

Os comportamentos, de uma forma geral, apresentam maiores ações quando se trabalha a níveis de inoculação maior. Possuindo ao final de sessenta dias uma variante em níveis de 50 a 60% de remoção de matéria orgânica. Para efeito de visualização das taxas envolvidas, os dados obtidos para as cinéticas foram adaptados a um modelo de primeira ordem, onde a representação obtida é mostrada na Figura 3.

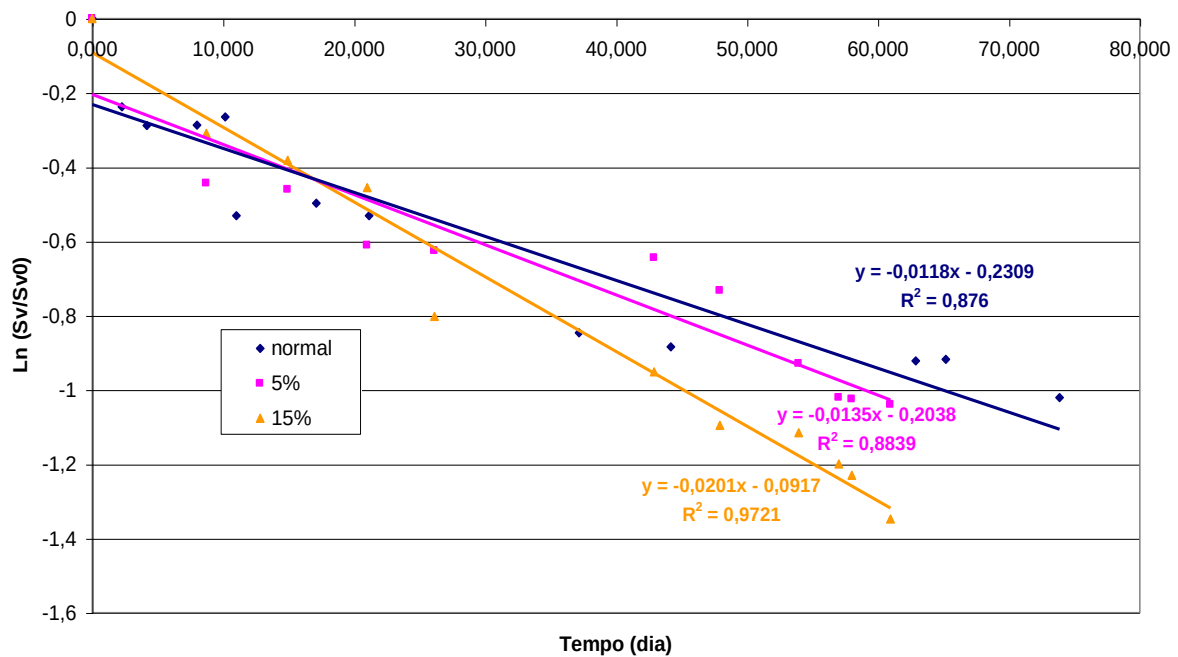


Figura 3: Modelos Lineares, de Primeira Ordem, Ajustados aos Dados Experimentais.

Os modelos adaptados apresentaram coeficientes de correlação superiores a 87%, tendo boa reprodutibilidade experimental e satisfatórios níveis de predição para os dados reais. No entanto os tipos de reações envolvidas, principalmente devido aos diferentes substratos sugerem taxas diferenciadas de degradação. Para visualização dessas diferenças, padronizou-se um ajuste linear com o ponto de interseção no zero cartesiano, obtendo as representações gráficas mostradas na Figura 4.

Observa-se na Figura 4 a redução nos valores de R^2 , o que sugere a incorporação e a segmentação de dois ajustes específicos, tais como, as duas taxas diferenciais na degradação da matéria orgânica, provavelmente decorrente dos derivados carbonáceos e derivados nitrogenados. Entretanto, na cinética obtida para o nível de inoculação de 15%, a padronização em um único segmento não foi diferenciada em níveis significantes os seus resultados. Sugere-se, então que, o aumento do nível de inoculação não segrega ações individuais, tendo o efeito global uma maior homogeneidade.

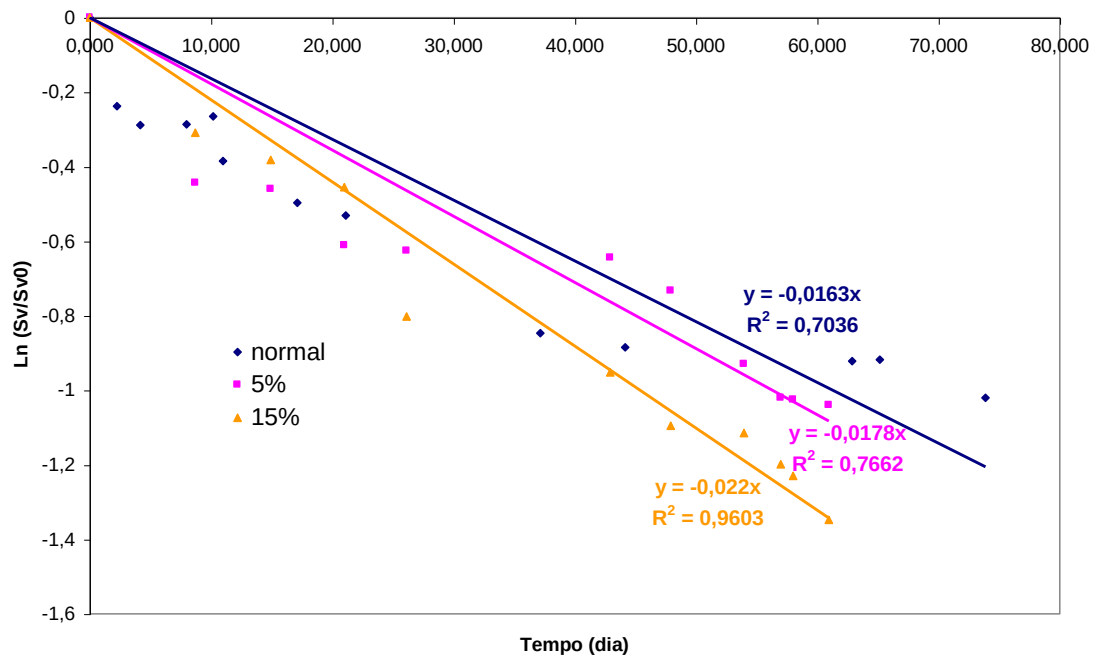


Figura 4: Dados Normalizados para as Cinéticas Obtidas.

Na Figura 5, em termos de tempo, são representados os dados cinéticos obtidos para degradação de metade da matéria orgânica envolvida e o coeficiente angular (representante da velocidade específica de biodegradação – K). Observa-se uma diminuição do tempo de meia vida com o aumento do nível inoculado e, o aumento nos valores de K com a inserção de mais esgoto doméstico.

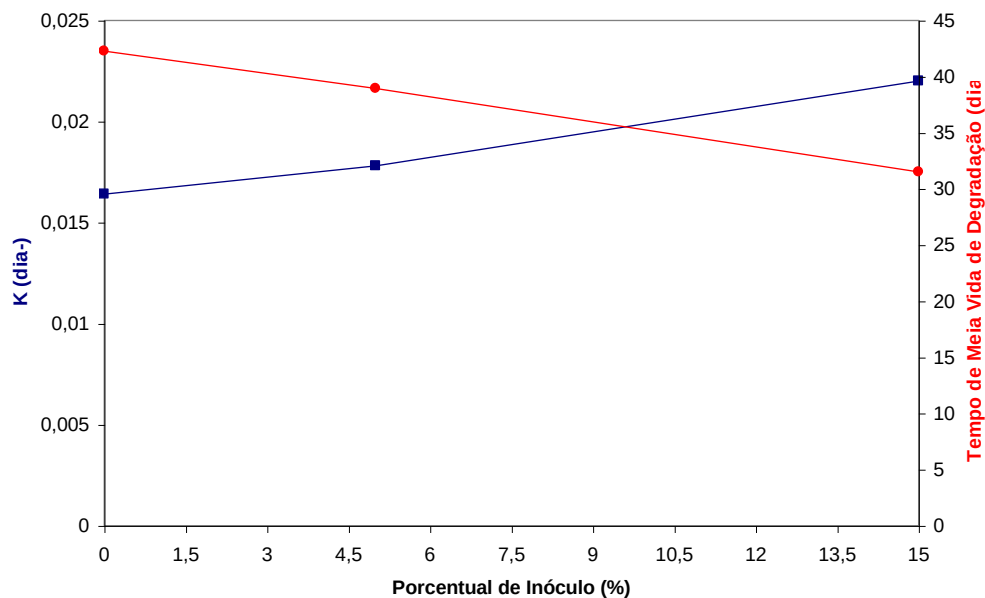


Figura 5: Influência do Porcentual Inoculado dos Dados Cinéticos de Biodegradação.

Em se tratando do acompanhamento dos níveis de ácidos produzidos, ao decorrer do processo, a Figura 6 representa o comportamento observado. Obtendo-se um efeito bem expressivo do crescimento dos níveis de acidez (etapa acidogênica) até cerca de 10 dias, tendo a partir deste tempo, uma estabilização dos níveis produzidos, observa-se ainda que, o nível de ácidos produzidos está diretamente relacionado ao grau de degradação da matéria orgânica alcançado, sendo portanto, um bom parâmetro de monitoramento da eficiência do processo.

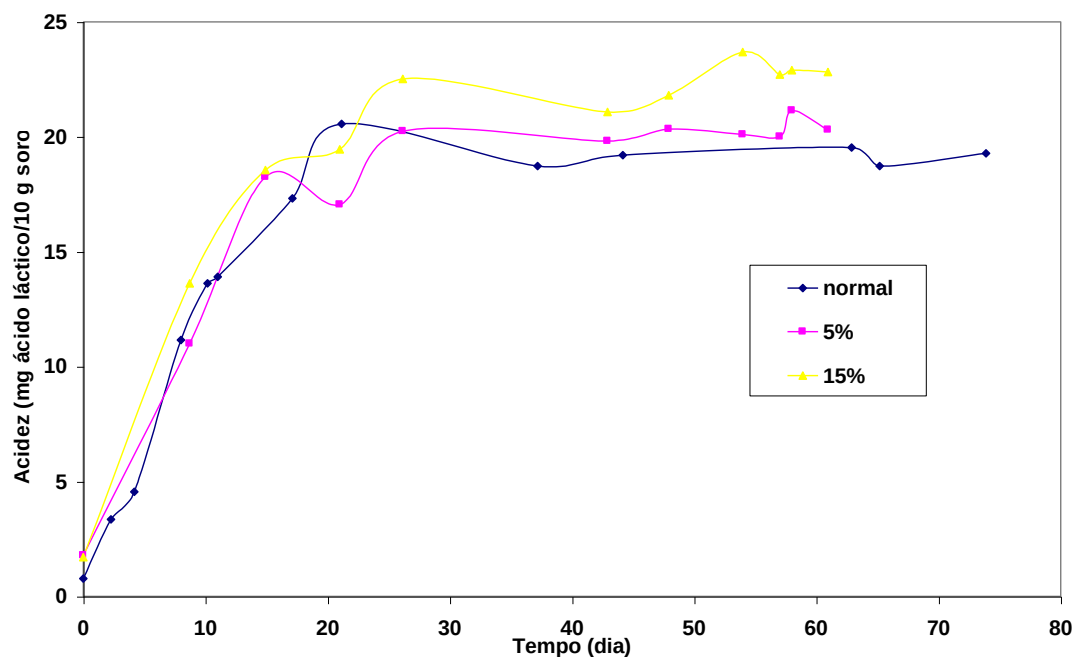


Figura 6: Níveis de Acidez ao Longo do Processo de Biodegradação

A relação existente entre o nível de inoculo e os dados de acidez são mostrados na Figura 7, na qual referencia-se aos dados da acidez relacionados ao sexagésimo dia de degradação. Obtendo assim, a constatação da maior eficiência com o aumento do nível de inoculação.

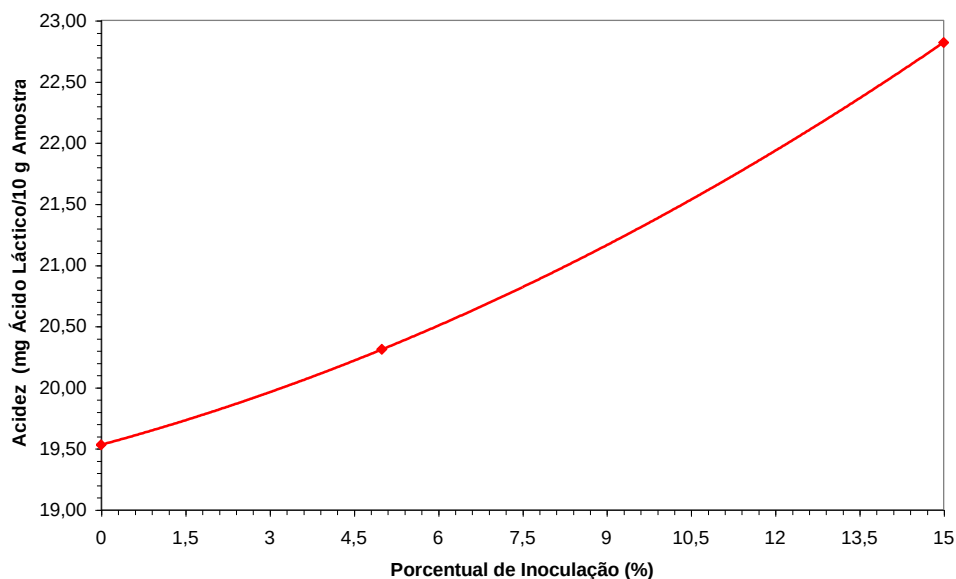


Figura 7: Influência do Nível de Inoculação nos Níveis de Acidez Finais.

Outro parâmetro monitorado foi o pH do meio, tendo esses valores grande aplicação, devido sua rápida medida e possuir na legislação vigente uma referência substancial. Na Figura 8, observa-se o comportamento do decréscimo dos níveis de pH. No entanto, não se tem uma relação direta com os dados de eficiência de biodegradação, na medida que o comportamento não é linear como os observados nos dados anteriores. Porém a coincidência no período final da etapa acidogênica sugere uma boa correlação para avaliação das etapas em processamento. Na Figura 8, é mostrado o comportamento do pH final obtido com o processo de degradação.

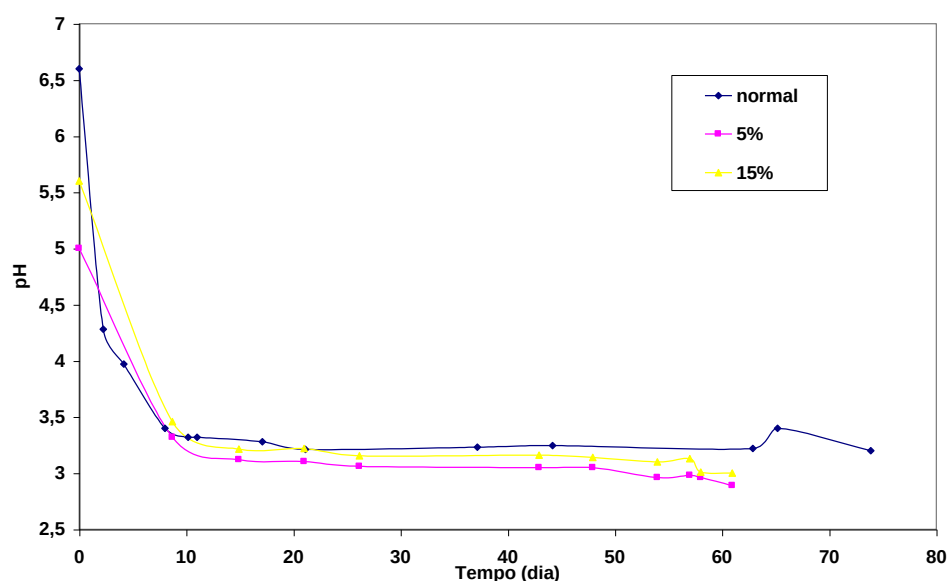


Figura 8: Acompanhamento do pH ao Longo do Processo de Biodegradação.

Em linhas gerais, para avaliação dos níveis de inoculação foi idealizado um número como referencial, aqui chamado de **E**, para avaliação global do nível de inoculação. Na qual contempla-se no cálculo de **E** os valores do pH, acidez e tempo de meia vida da biodegradação, segundo a equação abaixo:

$$E = \frac{A * pH}{t_{1/2}}$$

Os valores obtidos para **E** foram plotados na Figura 10, observando o efeito principal da inoculação apenas para o nível de 15%. Obtendo assim, a necessidade de estudos complementares em maiores graus de inoculação, contanto que, sejam referenciados pela avaliação econômica e de balanço de material, objetivando a não solubilização excessiva dos nutrientes do soro. Bem como, para uma melhor referência, já encontra-se em fase experimental a avaliação do esgoto bruto nos mesmos moldes experimentais.

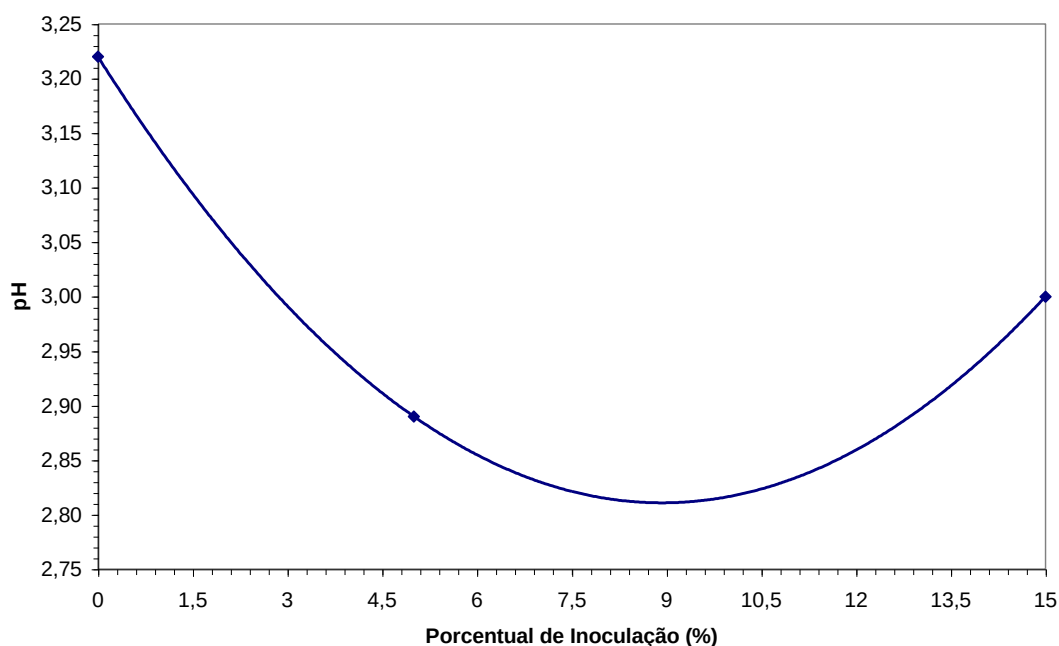


Figura 9: Influência do Nível de Inoculação no pH Final do Efluente Tratado.

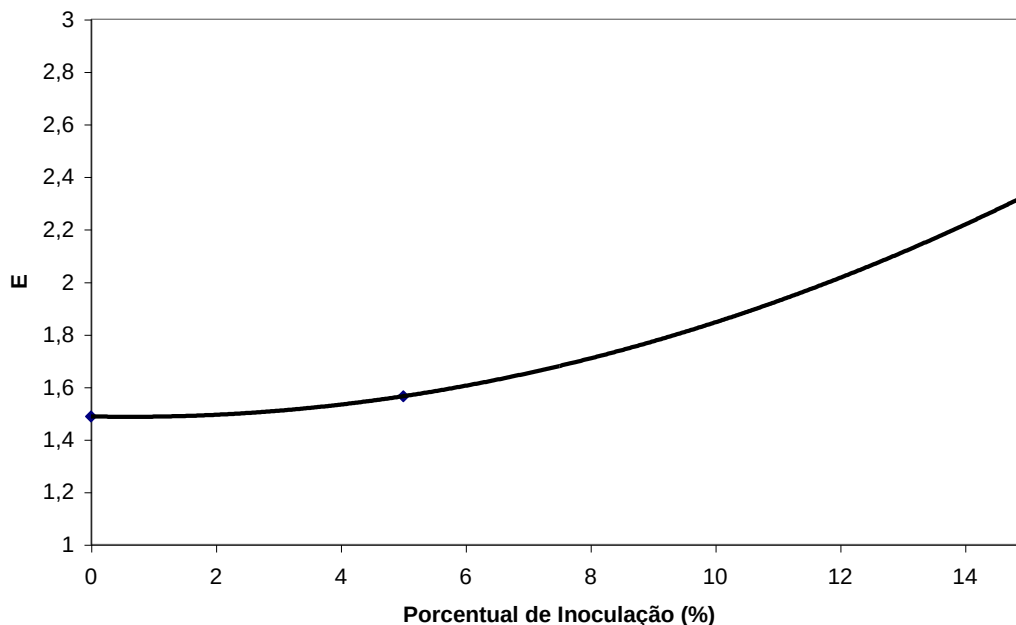


Figura 10: Fator de Eficiência em Função do Nível de Inoculação.

4. CONCLUSÕES

A partir dos resultados experimentais, conclui que:

- A inoculação acelera o processo de biodegradação, porém obtendo efeitos mais significativos ao nível de 15% de esgoto doméstico.
- A técnica utilizada apresentou níveis de reprodutibilidade satisfatórios, tendo um fácil manejo e resultados analíticos rápidos e precisos.
- A fase acidogênica do processo foi observada claramente durante os dez primeiros dias de degradação.
- O pH demonstrou um comportamento, um tanto, contraditório aos dados de acidez; porém, devido seu fácil monitoramento pôde ser utilizado no auxílio da identificação dos regimes em processo.
- Os modelos matemáticos utilizados apresentaram resultados satisfatórios, possuindo níveis de correlação superiores à 86%. Entretanto, são necessários modelos mais complexos que avaliem os decréscimos individuais das taxas de consumo carbonáceo e nitrogenado.

- Os resultados apresentam-se preliminarmente, porém já sugerem a técnica como sendo referencial para projetos de dimensionamento de unidades que visem o tratamento de tais efluentes.

Apesar do estudo, o tratamento biológico não se qualifica como a melhor alternativa para o soro de queijo; pois se trata de um efluente de alto poder nutricional e grau satisfatório de higiene. Portanto, sugere-se que o reaproveitamento desse material na alimentação humana ou animal é uma forma mais sustentável, ambientalmente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALFA LAVAL. Manual de Indústrias Lácteas. 2ª ed. Editora Iragra. 1990. Madri – Espanha.
- HIRATA, Y.S. Experiências e perspectivas do tratamento anaeróbio no Brasil. In: Taller y Seminario Latinoamericano Tratamiento Anaerobio de Aguas Residuales, 3, 1994, Montevideo. Proceedings...Montevideo: Graphis Ltda. Juan C. Gomez, 1994, p.281-291.
- LETTINGA, G., VAN VELSEN, A.F.M., HOBMA, S.W. et al. Use of the upflow sludge blanket (USB) reactor concept for biological wastewater treatment, especially for anaerobic treatment. *Biotechnology and Bioengineering*, v.22, p.699-734, 1980.
- LIMA, A. M. et al. Estudo comparativo entre as técnicas de determinação de coliformes fecais e escherichia coli em águas naturais e residuárias utilizando os métodos da membrana filtrante e do substrato cromogênico. IN: 21º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. João Pessoa-PB. (Cd-rom).
- MARAGNO, A.L.F.C., CAMPOS, J.R. Treatment of wastewater with a low concentration of organics using an anaerobic fluidized bed reactor. *Water Science and Technology*, Oxford, v.25, n.7, p.179-191, 1992.
- PRINCE, A. A. et al. Controle Ambiental em Pequenos e Médios Laticínios de Minas Gerais – Uma Pesquisa Aplicada. In: 20º Congresso da ABES. 1999. Rio de Janeiro – RJ.
- SEBRAE. Como Montar uma Queijeira Padrão. SEBRAE. Natal – Brasil. 2002.
- SPREER, E. Lactologia Industrial. 6ª. Ed. Editora Acríbia S.A. 1991. Zaragoza – Espanha.
- YOUNG, J.C., YANG, B. Design considerations for full-scale anaerobic filters. Fayetteville: University of Arkansas.1988. 27p. (Apostila).