



EXTRAÇÃO DE CELULASE DO BAGAÇO DE CAJU *in natura* E SEU USO NA HIDRÓLISE ENZIMÁTICA DA PALMA FORRAGEIRA

Josefa Sandra A. Silva¹, Ramdayal Swarnakar²

RESUMO

O objetivo deste trabalho é a extração da enzima celulase do bagaço de caju *in natura* para sua aplicação na hidrólise da palma forrageira como fonte de celulose. A produção do bioetanol utilizando-se biomassa lignocelulósica, em geral, consiste em três etapas de operações: pré-tratamento para separar celulose e lignina, transformação da celulose em glicose por **hidrólise enzimática** ou ácida e fermentação alcoólica por leveduras. Para a etapa de hidrólise enzimática da celulose é usada a celulase. A extração da celulase é influenciada pelos vários fatores como: agitação, pH, temperatura, força iônica do meio, tempo de extração, etc. No presente trabalho foi verificado que a variação do pH do meio de extração da celulase tem influência. Após a extração da celulase foi avaliada a atividade do extrato usando o método de análise de açúcares redutores produzidos pela celulose do papel de filtro. Foi observado que a atividade catalítica aumentou com o aumento na quantidade de fitas de papel. É favorável a hidrólise enzimática de Palma forrageira com o uso do extrato de bagaço de caju. Também foi realizada a caracterização físico-química de bagaço de caju e da matéria-prima palma forrageira usada (pH, densidade aparente, umidade, °Brix-sólidos solúveis e açúcares redutores).

Palavras-chave: bagaço de caju, celulase, hidrólise

EXTRATION OF CELULASE OF CASHEW BAGASSE *in natura* AND ITS USE IN ENZYMATIC HYDROLYSIS OF FORRAGEIRA PALM

ABSTRACT

The objective of the present work is the extraction of the cellulase enzyme of the cashew bagasse *in natura* for its application in hydrolysis of the palm as cellulose source. The production of bioethanol using lignocelulósic biomass, in general, consists of three stages of operations: pre-treatment to separate cellulose and lignin, transformation of the cellulose in glucose for enzymatic or acid hydrolysis and alcoholic fermentation. For the stage of enzymatic hydrolysis of the cellulose cellulase is used. The extration of cellulase is influenced by factors such as: agitation, pH, temperature, ionic force of the medium, extraction time etc. In the present work the effect of variation of pH of the medium has been verified. After the extration of cellulase the activity of the extract has been evaluated using the method of analysis of reducing sugars produced from the filter paper cellulose. It was observed that the catalytic activity increased with the increase in the amount of filter paper used. The enzymatic hydrolysis of *forrageira* Palm using the cashew bagasse extract is favorable. The physico-chemical characterization (pH, apparent density, humidity, °Brix-soluble solids and reducing sugars) of cashew bagasse and the *forrageira* palm was carried out.

Keywords: cashew bagasse, celulase, hydrolysis

INTRODUÇÃO

¹ Aluna de Curso de Engenharia Química, Depto. de Engenharia Química, UFCG, Campina Grande, PB, E-mail: josesandra03@hotmail.com

² Engenheira Química, Prof. PhD, Depto. de Engenharia Química, UFCG, Campina Grande, PB, E-mail: rdswarnakar@yahoo.com

O presente projeto proposto para o Edital: PROGRAMA INSTITUCIONAL DE BOLSAS DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA 01/07/UFCG está vinculado a um projeto maior, aprovado pelo Edital MCT/CNPq/CTBiotecnologia/CTSaúde/MS-SCTIE- DECIT nº 31/2006 - Programa Rede Nordeste de Biotecnologia – RENORBIO, com o título: **Desenvolvimento de bioprocessos para agregação de valor a resíduos industriais do Nordeste.**

O *cajueiro*, de nome científico *Anacardium Orcidentalle Lineu*, pertence à família *Anacardiaceae* teve sua origem nas regiões costeiras do norte e nordeste brasileiro. A área ocupada com cajueiro no Brasil é estimada em 700.000 há dos quais, mais de 90% se encontra na região Nordeste e, 80% estão distribuídos nos do Piauí, Ceará, Paraíba e Rio Grande do Norte (Vitor Hugo de Oliveira/EMBRAPA, 1998).

Na verdade o caju que chamamos de fruta é na verdade o pedúnculo, ou seja, o talo que prende a fruta ao galho e que, estranhamente, no caju é carnudo, saboroso e aromático. O fruto propriamente dito é o que nós chamamos de castanha de caju, cuja produção, aliás, é a principal finalidade das lavouras, uma vez que mais de 90% dos pedúnculos do caju não são aproveitados, apodrecendo na roça, debaixo das árvores (CARLOS RUGGIERO, 2002).

Uma das formas de agregar valor aos resíduos agroindustriais, em particular ao bagaço do caju, é obter enzimas, como por exemplo, as celulasas do resíduo *in natura* ou através da fermentação semi-sólida utilizando microrganismo como o agente metabolizador da celulose.

As enzimas são catalisadores orgânicos efetivos, responsáveis por milhares de reações bioquímicas coordenadas, envolvidas nos processos biológicos dos sistemas vivos. São macromoléculas pertencentes à classe das globulares (COURI, 1993).

As enzimas podem ser obtidas através de extração de tecidos animais e vegetais ou por fermentação com microrganismos. Estes sintetizam numerosas enzimas, tendo cada uma delas uma função específica no crescimento, no metabolismo ou na autólise. A maioria das enzimas microbianas age no interior da célula, em um ambiente protegido e altamente estruturado. Outras enzimas, denominadas extracelulares, agem em benefício do microrganismo a distância, disponibilizando nutrientes através da hidrólise de compostos de alto peso molecular. Por atuarem no meio externo ao microrganismo, as enzimas extracelulares possuem boa estabilidade a alterações químicas e físicas no meio ambiente e são excretadas em largas quantidades, o que as torna especialmente adequadas para o uso industrial (AUNSTRUP, 1979).

O uso de enzimas com propósitos tecnológicos pressupõe que elas sejam os catalisadores de processo capazes de transformar matérias-primas em produtos com maior valor agregado. O uso eficiente das enzimas separadas do sistema celular do qual se originam sob condições artificiais de processo, é objeto de intenso estudo atualmente. Dada a inerente labilidade das enzimas, como consequência da sua estrutura protéica, este passo representa um grande desafio tecnológico, o que explica o número ainda relativamente reduzido de processos enzimáticos operando em escala industrial (CASTILHO, 1997).

De certo modo, as enzimas são catalisadores ideais dados a sua elevada especificidade, alta conversão na transformação substrato-produto e elevada atividade em condições ambientais moderadas, o que lhes possibilita uma ampla gama de aplicações. A sua complexa estrutura protéica, entretanto, as torna lábeis e difíceis de manipular adequadamente para preservar sua funcionalidade biológica em sistemas artificiais. Estas dificuldades vêm sendo paulatinamente resolvidas mediante a integração harmônica dos conhecimentos científicos e do desenvolvimento tecnológico, o que permite vislumbrar um panorama interessante, com excelentes perspectivas de desenvolvimento a curtos e médios prazos (ILIANES, 1994).

As enzimas, além de seu uso em processos industriais, podem ser empregadas na terapia clínica, no tratamento de efluentes, em células eletroquímicas e como sensores no controle de processos. O uso de enzimas como catalisadores de processos industriais é, contudo, o de maior importância, representando mundialmente mais de 80% do volume de vendas do setor.

As enzimas de uso industrial, diferentemente daquelas empregadas com fins analíticos ou clínicos são, em sua maioria, hidrolases, geralmente extracelulares, de estrutura simples, relativamente estável e sem necessidade de cofatores dissociáveis para expressão de sua atividade. Frequentemente são preparados bastante impuros, produzidos e utilizados por métodos convencionais. Esta situação, entretanto, tem começado a alterar-se, devido à maior pureza requerida para a imobilização de enzimas, ao desenvolvimento de eficientes técnicas de recuperação e purificação de proteínas e ao escalonamento das mesmas, proporcionando uma redução dos custos associados à purificação de enzimas (CASTILHO, 1997).

A celulose, dentre os materiais naturais, é o biopolímero mais abundante do mundo (Bayer & Lamed 1992) e pode ser hidrolisada, com ácidos ou enzimas, a glicose. A degradação microbiana da celulose é total e específica e tem estimulado o uso dos processos de fermentações celulolíticas pelo homem (LYNCH *et al.* 1981).

A hidrólise da celulose por celulasas resulta na produção final de glicose. Estas, porém, por serem proteínas, não conseguem penetrar com facilidade a barreira da lignina das células vegetais e, dessa forma, o difícil acesso destas enzimas às fibras de celulose constitui o principal problema para desencadeamento desse processo de degradação (THIEMANN *et al.* 1980).

As celulasas são enzimas capazes de hidrolisar a ligação glicosídica entre dois ou mais carboidratos ou entre um carboidrato e uma porção não carboidrato e pode ser utilizada como aditivos no preparo de

enzimas digestivas, como componente de detergentes, no clareamento e amaciamento de fibras têxteis, no tratamento de águas residuais, na indústria de alimentos para aumentar o rendimento da extração de amido e óleos vegetais, como aditivos de ração animal e no processo de conversão de celulose em glicose para produção de bioetanol (BHAT, 1997).

Atualmente, tem sido estudada a produção de enzimas como a celulase para ser utilizada em processos de conversão de celulose em glicose para produção de bioetanol secundário.

A palma forrageira por sua vez, é atualmente, a cultura vegetal que se presta às mais diversas utilidades, por ser amplamente difundido, de fácil plantio, altamente resistente à seca. A palma forrageira pode ser utilizada na alimentação humana, alimentação animal, adesivos e colas, fibras para artesanato, papel, corantes, mucilagem para a indústria alimentícia e ornamental (ALMEIDA NETO, 2005).

A busca de um melhor aproveitamento desta cultura tem incentivado pesquisadores por todo o Nordeste brasileiro na procura de maximizar a produção da cultura, bem como, na melhor utilização da mesma, como matéria-prima em escala industrial, para atender a necessidade de desenvolvimento sócio-econômico e tecnológico da região. E dentre estas possíveis inovações surge como proposta a produção de álcool etílico, por fermentação alcoólica utilizando-se como substrato a palma forrageira, que pode vir se não substituir integralmente a tão tradicional cana-de-açúcar nas usinas, mas completamente a produção como matéria-prima em períodos de entre safra, aumentando o tempo de operação das unidades fabris (usinas).

Segundo Albuquerque (2004) a palma é uma forrageira diferente de todas as outras. A começar pela grande quantidade de água que concentra nos seus tecidos - cerca de 90%. Apenas 10% da sua composição é constituída por matéria seca. É uma excelente fonte de energia, rica em carboidratos não fibrosos, 61,79% e nutrientes digestíveis totais, 62%.

Os valores para os teores de matéria seca, proteína bruta, fibra em detergente neutro e fibra em detergente ácido são baixos, no entanto, apresenta teores razoáveis de carboidratos totais, carboidratos não-fibrosos, carboidratos não-estruturais e matéria mineral (ARAÚJO, 2004).

Dessa forma, o presente trabalho tem como intuito avaliar o processo de extração de enzimas celulase utilizando o bagaço do caju *in natura* em meio a um pH ajustado sem uso de fermentação microbiana, e com essa enzima avaliar a hidrólise enzimática da palma forrageira.

MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Engenharia Bioquímica do Departamento de Engenharia Química no Centro de Ciências e Tecnologia da Universidade Federal de Campina Grande – PB.

Material

Bagaço de Caju *in natura*, Palma Forrageira e papel de filtro Whatman.

Densidade aparente

A densidade aparente foi determinada de acordo com Brasil (2005) pesando 100 gramas do substrato e colocando em uma proveta para determinar o volume ocupado, sem que houvesse compactação. Os cálculos foram feitos seguindo a Equação 1.

$$\text{Densidade aparente} = \frac{\text{massa, g}}{\text{volume ocupado, cm}^3} \quad (1)$$

Umidade

O teor de umidade foi determinado conforme a metodologia descrita pela AOAC (1997). Foram pesados de 3 a 5 gramas da amostra em cadinho de porcelana previamente seco e tarado. Os cadinhos foram colocados em estufa a 105°C por 24 horas. Os cálculos foram realizados com base na Equação 2.

$$\text{Umidade, \%} = \frac{(\text{massa inicial} - \text{massa final da amostra})}{\text{massa inicial da amostra}} \times 100 \quad (2)$$

pH

O pH foi determinado seguindo a metodologia descrita por Brasil (2005), preparando-se uma suspensão com 10ml de água destilada e 0,5g da amostra sólida. Após completa homogeneização, a suspensão foi deixada em repouso por 30 minutos e em seguida foi filtrada, medindo-se o pH em potenciômetro digital.

Teor de sólidos solúveis (°Brix)

A concentração de sólidos solúveis medida em °Brix é uma medida relacionada com a quantidade de açúcares presentes na amostra como descreve Brasil (2005). Dessa maneira, foram adicionados 9 ml de água destilada a 1g do resíduo, agitou-se até perfeita homogeneização e deixou-se a suspensão por 30 minutos em repouso. Após este período a suspensão foi filtrada com algodão, e feita a leitura em refratômetro. Foi utilizado um fator de diluição para determinar o teor de sólidos solúveis (°Brix) como mostra a Equação 3 a seguir:

$$^{\circ} brix(\%) = (Leitura)\% \times F.d$$

Onde: F.d = Fator de diluição.

(3)

Processo de lavagem da Palma

A Palma foi inicialmente triturada depois colocou-se em um recipiente contendo água destilada em uma quantidade suficiente para que esta ficasse submersa. Então, agitou-se a mistura e em seguida retirou-se a Palma com o auxílio de uma peneira. Em seguida colou-se em bandejas forradas com plástico e levou-se a estufa com circulação de ar para secagem.

Teor de açúcares de redutores (AR)

O método do DNS (ácido 3,5-dinitro salicílico) baseia-se na redução do ácido 3,5 a ácido 3-amino-5-nitrosalicílico, concomitantemente com a oxidação do grupo aldeído do açúcar a grupo carboxílico. Após aquecimento, a solução torna-se avermelhada, sendo lida, no espectrofotômetro a 540 nm, conforme procedimento descrito por MILLER (1959).

Inicialmente foi determinada a quantidade inicial de amostras de bagaco de caju que resulte em leitura dentro da faixa da curva padrão para açúcares de redutores.

A Figura 1 mostra a curva padrão de AR obtida usado em todas as análises.

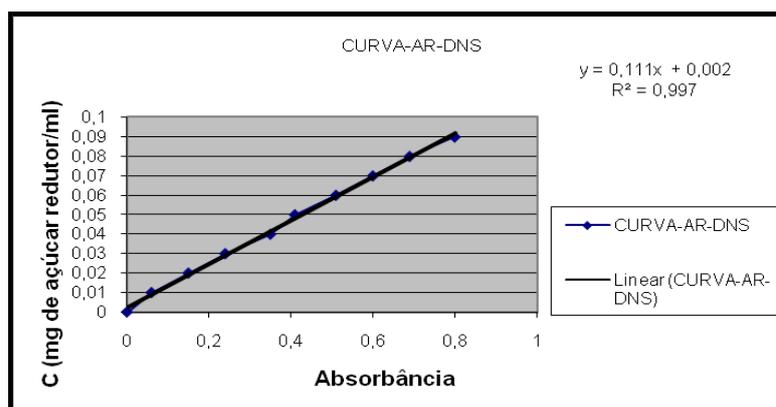


Figura 1 – Curva padrão de AR.

Depois de dissolver determinada quantidade de amostra em um volume definido de água, transferiu-se 1mL para um tubo de ensaio contendo 1mL de solução DNS. A seguir, os tubos foram levados para banho de água fervente por exatos 5 minutos. Após este intervalo, os tubos foram retirados do banho de água quente e colocados em banho de água fria por três minutos, até completo resfriamento. Em cada tubo foi adicionado 8 ml de água destilada e feita a leitura imediatamente a 540nm. A curva padrão foi usada para transformar a leitura de absorbância em miligramas de açúcares redutores por mililitro de solução. Efetuaram-se os cálculos para expressar os resultados em miligramas de açúcares redutores por grama de amostra inicial (mg açúcares/g amostra).

A Figura 2 mostra a solução de DNS da qual foi preparada a curva padrão e a forma como a solução foi armazenada.



Figura 2 – Solução de DNS.

Atividade celulolítica

Foi utilizada a metodologia de protocolo da reação enzimática utilizando papel de filtro como substrato, adaptada. Esse método determina a atividade conhecida como FPase no sobrenadante das culturas através da determinação da concentração de açúcares redutores liberados durante a degradação de uma fita de papel de filtro. Os reagentes que são utilizados: Tiras de papel de filtro Whatman n° 1 - 1cm x 6cm (50mg), tampão acetato de sódio 50mM, pH 4,8, reagente DNS.

Ensaio Enzimático: Em tubos pequenos, colocou-se tiras de papel de filtro enroladas em forma espiral (Whatman n°1, previamente cortadas nas medidas corretas de 1cm X 6 cm), adicionando 1,0 mL do tampão citrato de sódio 50 mM, em pH 4,8 (agitou-se um pouco, com cuidado, para o papel não grudar no vidro). Os tubos foram colocados em banho-maria a 50° C por 1 min, antes de adicionar o sobrenadante (solução de enzima), para equilibrar a temperatura. Colocou-se 0,5 mL do sobrenadante (solução de enzima) em cada tubo e deixou reagir por 60 min a 50°C. Colocar a estante no gelo. Transferi-se 0,5 mL da mistura reacional para tubos contendo 0,5ml de DNS. Os açúcares redutores (AR) então foram determinados no espectrofotômetro a 540 nm,.

A adaptação foi feita para 2ml do sobrenadante e tubos grandes e para a determinação de açúcares redutores (AR) usou-se 1ml do mistura reacional com 1ml de DNS.

No preparo do extrato (sobrenadante) foram pesados 3g do bagaço e adicionado 30 ml de água destilada agitando e deixando por 30 min. Em seguida foi filtrado utilizando gaze e algodão.

A Figura 3 mostra o extrato do bagaço de caju amarelo sem lavar após a filtração o qual foi usado para a determinação da atividade celulolítica.



Figura 3 – Solução do extrato do bagaço do caju amarelo sem lavar.

A Figura 4 apresenta a solução contendo DNS (1ml) com o extrato (1ml), após a hidrólise da celulose do papel com o sobrenadante do bagaço de caju contendo a celulase, para a determinação de açúcares redutores (AR). A Figura 5 mostra as soluções da Figura 4 após o banho em água fervente por 5min e adicionado 8ml de água destilada para completar um volume de 10ml incluindo o branco (não contem a solução reacional, só DNS e água), conforme mostra a metodologia de determinação de AR.



Figura 4 – Solução hidrolisada do papel de filtro com a celulase do extrato do caju.



Figura 5 – Solução após banho em água fervente pronta para leitura de absorbância.

Hidrolise da Palma Forrageira

Forram pesados 3g de bagaço de caju amarelo sem lavar e adicionado 30ml de água destilada após misturar deixou-se por 30min. Em seguida filtrou-se e desse extrato foi usado 2ml e adicionado a 4ml de tampão e 1 grama de palma forrageira seca e triturada, em um tubo grande, que foi levado ao banho a 50°C por 60min. Após retirar colocou-se em banho gelado para parar a reação. Em seguida foi feita uma filtração, e deste filtrado foi retirado 0,5ml e adicionado a 0,5ml de DNS para determinar AR, conforme o procedimento anterior.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Caracterização do bagaço do caju

A Tabela 1 apresenta os valores encontrados para densidade aparente, umidade, pH, teor de sólidos solúveis, teor de açúcares redutores (AR), do bagaço do caju lavado e sem lavar em base seca.

Tabela 1 – Resultados físico-químicos do bagaço do caju lavado e sem lavar (base seca).

Análise	Lavado	Sem lavar
Densidade Aparente (g/mL)	0,3503 ± 0,0006	0,3738 ± 0,0035
Umidade (b. s.) (%)	6,6907 ± 0,0026	7,2200 ± 0,0400
pH	4,5	5,0
°brix (%)	9,0	13,5
AR (g/g)	6,01 ± 0,30	9,26 ± 0,10

Observando os resultados da análise do bagaço do caju verifica-se um pH condizente com o encontrado na literatura. Os valores de densidade aparente, umidade, teor de sólidos solúveis, teor de açúcares redutores (AR), do bagaço do caju também estão dentro das faixas esperadas.

Caracterização da Palma Forrageira

A Tabela 2 apresenta os valores encontrados para densidade aparente, umidade, pH, teor de sólidos solúveis, teor de açúcares redutores, da Palma forrageira lavada e sem lavar em base seca.

Tabela 2 – Resultados físico-químicos da palma lavada e sem lavar (base seca).

Análise	Lavada	Sem lavar
Densidade Aparente (g/mL)	0,4926 ± 0,0024	0,5348 ± 0,0029
Umidade (b. s.) (%)	8,2600 ± 0,0800	7,2220 ± 0,0300
pH	4,6	5,0
°brix (%)	31,5	36,0
AR (g/g)	6,31 ± 0,20	20,0 ± 0,4

Para a palma forrageira os resultados obtidos estão compatíveis com os dados fornecidos por Carmo in Swarnakar (Projeto: Estudo da Cinética da Palma Forrageira-PIBIC-2007/2008). Todavia é interessante um pH em torno de 5,0 (cinco), para a hidrólise que se deseja realizar, e esperado um teor de açúcares maior que o bagaço do caju uma vez que, para o caju parte do açúcar é perdido na retirada da polpa.

Atividade celulolítica do bagaço de caju amarelo lavado e sem lavar

A atividade celulolítica foi determinada com uso do papel de filtro Whatman nº 1 - 1cm x 6cm (50mg), como fonte de celulose para a enzima celulase que estaria presente no extrato obtido do bagaço de caju seja lavado ou sem lavar, onde a celulose sofre hidrólise transformando-se em açúcares redutores os quais são medidos através da absorbância e depois esses valores são transformados em medidas mássicas (mg ou micromoles). As análises foram feitas em duplicatas tendo excelente reprodutibilidade. A tabela 3 mostra os valores medios expressos em miligramas por mililitro e em micromoles por mililitro por minuto.

A adaptação da quantidade de sobrenadante de 0,5ml para 2ml se deu para aumentar a massa catalítica, uma vez que, como usava-se a celulase do bagaço de caju *in natura* (enzima presente no próprio caju) era de se esperar que essa quantidade fosse pequena, por isso para garantir que a hidrólise acontecesse foi aumentado para 2ml a quantidade do extrato sobrenadante.

Tabela 3 – Atividade celulolítica do bagaço de caju lavado e sem lavar.

Caju sem Lavar	Caju Lavado
0,0538 (mg/ml)	0,0023 (mg/ml)
4,98 (micromoles/ml*min)	0,27 (micromoles/ml*min)

Observando os resultados verifica-se que o caju sem lavar tem uma maior atividade celulolítica, e o fato de o caju lavado ter essa baixa atividade pode ser atribuído a sua lavagem, ou seja, a celulase presente no bagaço é retirada com o processo de lavagem.

Por outro lado isto assegura a presença da enzima celulase no caju *in natura*, pois mesmo após um processo de lavagem este ainda apresenta atividade.

A determinação desta é um trabalho minucioso, pois como estamos fazendo uma análise de uma quantidade que já está presente no caju *in natura*, é de se esperar que essa seja pequena. Portanto foi imaginado que usando apenas uma fita de papel seria por sua vez um fator que poderia vir influenciar na verificação do potencial catalítico da enzima, pois se aumentamos o número de fitas estamos aumentando a área superficial de contato do reagente, desta forma foi feito testes com uma e três fitas para tal verificação e os resultados estão dispostos na Tabela 4.

Tabela 4 – Atividade celulolítica com 3 fitas de papel.

Caju sem Lavar (1 fita de papel)	Caju sem Lavar (3 fitas de papel)
0,0242 (mg/ml) 2,2387 (micromoles/ml*min)	0,0464 (mg/ml) 4,2925 (micromoles/ml*min)

Verificando os resultados temos que aumentando o número de fitas houve um aumento (nao linear) na atividade celulolítica, de forma que houve uma duplicação do resultado para uma triplicação da área superficial do reagente (celulose do papel). Por outro lado, se compararmos com os resultados da Tabela 3, verifica-se que os valores são diferentes mesmo para uma fita do papel com o caju sem lavar. Este fato pode ser devido a granulometria diferente de amostra de no bagaço do caju nos dois casos. Após a identificação da atividade celulolítica com o uso do papel de filtro foi aplicado às mesmas condições para a Palma Forrageira como fonte de celulose e foi analisado também a questão do pH da extração do extrato de celulase. Para isto foi realizado ensaios simultâneos em triplicata com uso do tampão acetato de sódio (pH 4,8), para extrair a celulase do bagaço de caju sem lavar, e com água destilada. Os resultados destas hidrólises estão dispostos na Tabela 5, completando o objetivo deste trabalho.

Tabela 5 – Resultados da hidrólise da Palma Forrageira variando o pH da extração da celulase.

Com água destilada pH = 7,0	Com o tampão acetato de sódio pH = 4,8
0,2166 (mg/ml) 20,0377 (micromoles/ml*min)	0,1944 (mg/ml) 17,9840 (micromoles/ml*min)

Os resultados da Tabela 5 nos mostra que a variação do pH do meio de extração da celulase influenciou mas não muito. E se deu de forma a diminuir o resultado isto, porém, requer um estudo mais aprofundado para se ter uma noção de como vem a variar quantitativamente com a mudança do pH do meio de extração.

Todavia, ainda fazendo uma análise destes resultados verifica-se que os valores para a hidrólise da palma com relação ao papel é bem maior e de qualquer forma é entendido que nesta medida de AR estão também os açúcares próprios da palma, mas que com relação ao branco da hidrólise há um aumento o que justifica que houve realmente a hidrólise, vale enfatizar também que a área de contato do reagente (celulose) da palma é bem maior do que a do papel e que foi mostrado anteriormente que isto tem influência sobre os resultados.

CONCLUSÕES

Com base nos resultados deste trabalho pode-se concluir que:

- A atividade celulolítica é influenciada pela quantidade de fitas de papel, que traz como propósito o aumento da área de contato dos reagentes, como resultado um aumento na quantidade de açúcares redutores produzidos.
- A mudança no pH do meio de extração da enzima celulase tem uma pequena influência nos resultados.
- A hidrólise enzimática do bagaço de Palma Forrageira é bem maior em comparação com o do papel de filtro.
- É favorável a hidrólise enzimática da Palma Forrageira com uso da enzima celulase contida no extrato de bagaço de caju.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq pela bolsa de Iniciação Científica.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBURQUERQUE, S.G. **pesquisador Embrapa Semi-Árido**. EMBRAPA (A Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa, vinculada ao Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento). Endereço eletrônico: http://www.embrapa.br/noticias/banco_de_noticias/2004/agosto/bn.2004-11- Acessado em 14 de novembro de 2006.
- ALMEIDA NETO, J.X., MEDEIROS, F.P.M, MELO, A.J.M., SILVA, J.C., DANTAS, J.P, **Avaliação do efeito mutagênico da palma forrageira (Opuntia ficus-indica Mill) através do Teste de Micronúcleos em medula óssea de ratos (Rattus norvegicus, linhagem Wistar)** In Vivo. Revista De Biologia E Ciências Da Terra. Issn 1519-5228. Volume 5 - Número 2 - 2º Semestre 2005.
- ARAÚJO, L. F. **Enriquecimento protéico do mandacaru sem espinhos e palma forrageira por fermentação semi sólida**. 2004. 178 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Processos) - Universidade Federal de Campina Grande. Orientador: Flávio Luiz Honorato da Silva.

AUNSTRUP, K. **Production, isolation and economics of extracellular enzymes.** In: Wingard Jr., L. B.; Katchalski-Katzir, E.; Goldstein, L. (eds.). *Enzymes Technology*, v. 2, Applied Biochemistry and Bioengineering, Academic Press, p. 28-70, 1979.

BHAT, M. K., BHAT, S. **Cellulose degradading enzymes and their Potencial Industrial Application.** *Biotechnol adv*, v.15, n 3-4, p. 586 – 620, 1997.

COURI, F., **Efeito de cátions na morfologia do agregado e na produção de poligalacturonase por *Aspergillus niger* mutante 3T5B8.** Tese (doutorado). Pós-graduação em Tecnologia de processos bioquímicos. UFRJ, Rio de Janeiro/RJ, 198p., 1993.

MILLER, G., **Use of dinitrosalicilic acid reagent for determination of reducing sugars.** *Analytical Chemistry*, v.31, p. 426-428, 1959

THIEMANN, J.E., XAVIER, M.S.S.P., COLEN, G. & GUIA, M.M. **Produção de celulases e hidrólise enzimática de resíduos celulósicos.** In: *Fermentações Industriais e Transformações Microbianas no solo* (J.S. Furtado, coord.). Sociedade Brasileira de Microbiologia, São Paulo, p.168-185, 1980.

VITOR HUGO DE OLIVEIRA/EMBRAPA, **Disponível em: www.cajucultura.com.br**, Acessado em: 20 de Janeiro de 2009.