



**MINISTÉRIO DA DEFESA
EXÉRCITO BRASILEIRO
DECEX - DEPA
COLÉGIO MILITAR DE CAMPO GRANDE - MS**



Rodrigo Kiyoshi Sauter Cardoso, Samara Tessari Pires, Arissa Miguita, Gabriel de Oliveira Maia, Eliane Auxiliadora Pereira, Camila Santos Suniga Tozatti

BIOPROSPECÇÃO DO AMIDO DO SORGO (*SORGHUM BICOLOR*) NA SÍNTESE DE PLÁSTICO BIODEGRADÁVEL

Campo Grande - MS

2019

Bioprospecção do amido do sorgo (*sorghum bicolor*) na síntese de plástico biodegradável

Rodrigo Kiyoshi Sauter Cardoso, Samara Tessari Pires, Arissa Miguita, Gabriel de Oliveira Maia, Eliane Auxiliadora Pereira, Camila Santos Suniga Tozatti

Autor correspondente: camilasuniga@gmail.com

Resumo

O sorgo (*Sorghum bicolor*) é o quinto grão mais produzido no mundo, sendo uma matéria-prima abundante e barata, muito utilizada na alimentação de gado no Brasil, principalmente na região Centro-oeste. O seu grão contém alto teor de amido em sua composição, sendo esse um biopolímero muito utilizado em pesquisas científicas para diversos fins, como na produção de plástico biodegradável. No entanto, a literatura científica não descreve a utilização do amido do sorgo para obtenção de bioplástico. Nesse sentido, o projeto avalia o potencial do amido obtido a partir do grão de sorgo como alternativa para a produção de um plástico biodegradável, reduzindo os impactos ambientais causados pelo descarte inconsequente de plásticos provenientes de fontes fósseis. A metodologia consistiu na extração do amido e produção do plástico biodegradável, utilizando glicerol como plastificante. O amido foi extraído com alto grau de pureza, apresentando rendimento de 24,2% e quanto a reação de síntese, essa teve seus parâmetros otimizados e o filme obtido com melhores propriedades foi o que utilizou a quantidade de 15% de glicerol (relação massa/massa de amido/glicerol) e 10% de amido (relação massa/massa de água/amido). Por fim, considerando os resultados obtidos, acredita-se que o sorgo possa ser facilmente empregado para a obtenção em atividades bioeconômicas, sendo uma alternativa viável e promissora na produção de plástico biodegradável.

Palavras-chave: *Bioplástico, sorgo, amido.*

1. Introdução

1.1. Sorgo

O sorgo (*Sorghum bicolor*) é o quinto grão mais produzido no mundo, atrás apenas do trigo, arroz, milho e cevada. A produção de sorgo no Brasil destina-se principalmente à alimentação animal, ao passo que na Ásia, África, Rússia e América Central, o grão é importante como alimento humano básico (FRANÇA, 2017) (SILVA, 2015).

Em nosso país, o cultivo do cereal na Região Centro-Oeste é um fenômeno recente. Inicialmente, era restrito à Região Sul do Brasil, porém, a partir da década de 90, tal atividade aumentou. Aos poucos, o eixo de produção do sorgo se deslocou das regiões Sul e Sudeste para a região Centro-Oeste. Atualmente, o Brasil é o segundo maior produtor da América do Sul, atrás apenas da Argentina. Contudo, o rápido crescimento da produção brasileira pode, ainda nessa década, se igualar ou até mesmo superar a produção argentina. (FRANÇA, 2017).

A planta tem por característica um ciclo vegetativo anual de 100 dias, com altura de 2 a 3 m, dependendo da variedade e das condições do solo. Além disso, o sorgo apresenta uma boa adaptabilidade a variações climáticas, sendo resistente, por exemplo, a longos períodos de estiagem ou ainda a altas temperaturas (FRANÇA, 2017), o que resulta em um baixo custo de produção, influenciando em seu preço final. Seu grão contém alto teor de amido (média de 72,2% no grão inteiro) que, por sua vez, é composto por amilose e amilopectina (SILVA, 2015).

1.2. Plástico biodegradável

O amido é o biopolímero mais abundante no mundo depois da celulose, por isso muitos estudos têm sido feitos a respeito do composto, de forma a se elucidar os possíveis aproveitamentos do carboidrato para diversos fins, como, por exemplo, para a produção de plástico biodegradável. Além de ser uma matéria-prima abundante, o amido é vantajoso por apresentar opções de modificação química, física e genética de sua estrutura, o que torna as propriedades de plásticos confeccionados a partir desse composto cada vez melhores, oferecendo uma gama de opções para estudos e desenvolvimento de produtos de acordo com um fim específico. Pode-se, por exemplo, produzir filmes compostos, com incorporação de outros materiais, como as fibras de celulose, quitosana e proteínas, as quais

também são biodegradáveis (AZEVEDO, L.C, 2018), ou utilizar o amido termoplástico, sintetizado a partir do amido natural mediante a quebra da estrutura semicristalina e utilização de compostos à base de glicerina (SANTOS, B., 2014).

A literatura apresenta muitas opções para a confecção de plásticos naturais, incluindo o uso de vegetais corriqueiros como a batata, a mandioca, o milho, entre outros (NICHEL, 2020). No entanto, de forma curiosa, não descreve a utilização do amido do sorgo para obtenção de plástico biodegradável, mesmo o grão possuindo alta porcentagem de amido (o que lhe qualifica como uma fonte potencial para a obtenção do polímero) e baixo custo de produção (o que torna seu uso para este fim economicamente viável) (FRANÇA, 2017), (SILVA, 2015).

Neste contexto, sabendo que o grão de sorgo apresenta alta porcentagem de amido, nos inspiramos a sintetizar um plástico biodegradável por meio deste.

2. Justificativa

A produção de plástico envolve processos que geram impactos ambientais negativos. Isso porque, em todas as etapas de refinamento, é necessária a utilização de petróleo, altamente poluente, apesar de o plástico ser oriundo de apenas 4% desse combustível fóssil. Os prejuízos ao meio ambiente não ocorrem somente na fabricação desse material, mas também no pós-consumo, já que gera um grande volume de lixo e apresenta problemas de descarte, uma vez que muitos materiais plásticos demoram mais de 100 anos para se decompor e, quando eliminados em ecossistemas marinhos, se degradam em microplásticos, que acabam fazendo parte da cadeia alimentar, causando morte de parte da fauna aquática (SANTOS, 2014) (FORTUNA, 2020).

Nesse cenário, surge a importância dos plásticos biodegradáveis, os quais são deteriorados naturalmente pela ação de microrganismos no solo, em um período de 18 a 20 meses (SANTOS, 2014).

Plásticos biodegradáveis confeccionados a partir do amido de arroz, de batata e de mandioca são os mais comuns de se encontrar na literatura científica, porém a proposta do sorgo se apresenta como vantajosa em relação aos demais bioplásticos devido à matéria-prima, que, além de ser abundante e barata, é pouco explorada no âmbito da pesquisa científica, sendo o sorgo utilizado no Brasil, principalmente, na alimentação de gado (NICHEL, 2020) (FRANÇA, 2017).

A disponibilidade do grão, a facilidade de cultivo mesmo em condições de baixa precipitação, o menor período de colheita em relação ao milho, a boa qualidade e o maior rendimento em ótimas condições de clima e fertilidade se comparado ao milho, por exemplo, fazem do sorgo uma alternativa viável e promissora na produção de plástico biodegradável. Ademais, esse cereal produz grande quantidade de massa verde por hectare, chegando a 70 toneladas, conseguindo sobreviver em extensos períodos de falta de água, rebrotando rapidamente depois da ocorrência de chuvas que umedecem suficientemente o solo (FRANÇA, 2017)

Cabe ressaltar, por fim, que a proposta do grupo é a produção de um plástico biodegradável a partir do sorgo. A escolha desse grão, pela nossa perspectiva, foi pertinente, pois é um cereal não muito abordado no âmbito da pesquisa científica.

3. Objetivos

Um dos objetivos deste projeto é o desenvolvimento de uma metodologia para extração do amido do sorgo, bem como a síntese de plástico biodegradável, utilizando o amido extraído, e a otimização das condições da extração e da reação.

Além dos objetivos técnico-científicos descritos acima, também visamos a formação de recursos humanos especializados, que os estudantes adquiram conhecimentos específicos na área da química, como extração, filtração, reações, otimizações de reações, cálculos estequiométricos, propriedades físicas, entre outros, que consolidem o grupo de pesquisa, criado a partir deste projeto, no Colégio Militar de Campo Grande (CMCG), por meio do desenvolvimento da criatividade e do senso crítico para a ciência e por fim que colaborem com as pesquisas nacionais de bioprospecção na área de novos plásticos.

4. Metodologia

O sorgo foi obtido na área rural de Campo Grande, Mato Grosso do Sul, durante o ano de 2019. As folhas e flores foram coletadas durante o mês de maio e os grãos no período de junho a agosto. Quanto a limpeza do material obtido, os grãos foram separados e lavados, as folhas foram lavadas e secas e as flores foram separadas.

Para a obtenção do amido, foram adicionados em 500 ml de uma solução de

água destilada e bissulfito de sódio 0,1%, 200 g de grãos de sorgo. O material foi armazenado na estufa, em repouso, por 20 horas a uma temperatura de 50°C. Na sequência, a água foi drenada e os grãos, triturados juntamente com 500 ml de água.

Posteriormente, foram adicionados 2000 ml de água destilada. A solução foi agitada e filtrada em peneira de malha de 100 e 270 mesh, respectivamente. O farelo retido da peneira foi seco e armazenado a 5 °C, já o filtrado foi recolhido e deixado em repouso por 4 horas. Após o repouso, o sobrenadante foi removido. Ao final, coletou-se apenas o amido precipitado que ficou na estufa a 40°C para secagem (PARAGINSKI, 2013; TIMM, 2020).

O processo de fabricação do plástico envolveu a reação de 5 gramas de amido do grão sorgo com 50 ml de água destilada, sob agitação constante, em banho-maria durante 10 minutos com temperatura em torno de 80°C. Em seguida, foi adicionado glicerol (15%, relação massa/massa com o amido).

Depois, a solução foi agitada em banho-maria, à mesma faixa de temperatura, durante 20 minutos. Após essa etapa, as amostras foram colocadas sobre uma superfície de porcelana e secas até massa constante em estufa por aproximadamente 30 horas à temperatura de 40 °C e com umidade controlada. Após esse período obteve o plástico. (FUJINO, N. N. I, 2016).

5. Resultados e Discussões

A extração do amido foi realizada obtendo-se rendimento de 24,2%. Neste processo além do amido obtivemos um material fibroso (casca) e a porção referente a proteína.

Essa extração foi realizada inúmeras vezes e teve como objetivo obter alto rendimento e alta pureza do amido. A literatura descreve a utilização de centrífuga para separação do amido e da proteína, no entanto, considerando que o laboratório utilizado na nossa instituição de ensino não possui centrífuga, buscamos alcançar nossos objetivos por meio de metodologias alternativas (PARAGINSKI, 2013; TIMM, 2020).

Após o processo de filtração foi obtido o amido precipitado e uma camada de proteína na superfície, a solução permanecia em repouso e em seguida a camada de proteína era removida. Foram feitas várias variações na metodologia para que fosse possível a remoção da proteína sem processo de centrifugação. Foram

utilizados para a separação, por exemplo, buretas e funis de separação. Contudo, podemos destacar que a melhor técnica para remoção da proteína é: após as filtrações em peneiras mesh, verter o conteúdo em liquidificador para agitação e em seguida depositar a mistura em funis de separação. Com essa metodologia, o amido precipita facilmente, uma vez que a proteína fica em suspensão. Por fim, o amido obtido era colocado em estufa a 50°C até a completa secagem.

Foi realizada uma análise para determinação do amido por meio de I₂. Neste experimento as moléculas de alto peso molecular (amilose e amilopectina) sofrem complexação com o halogênio. Quando se adiciona I₂ a amilose, o complexo formado tem coloração azul e quando ocorre com a amilopectina o complexo formado é vermelho-violáceo. No caso da adição de I₂ ao amido, o complexo formado apresenta coloração azul porque o halogênio interage mais com a amilose do que com a amilopectina, devido as ramificações¹.

Quanto a obtenção do bioplástico, partimos do princípio de que nosso biopolímero é o amido, no entanto, os filmes feitos somente de amido são pouco maleáveis e quebradiços, desta forma é conveniente a adição de um plastificante. O plastificante tem a função de melhorar a rigidez e a literatura descreve amplamente a utilização de polióis como plastificante quando se utiliza como biopolímero o amido. Isso porque os polióis interagem com as cadeias de amido possibilitando uma maior mobilidade molecular e conseqüentemente flexibilidade para o bioplástico, eles também aumentam a interação com a água, o que favorece a formação do filme (SHIMAZU, A. A., 2007).

Existem vários estudos sobre a quantidade que deve ser utilizada de plastificante para que o filme apresente boa mobilidade (**Tabela 1**), isso porque caso seja utilizada uma quantidade menor do que a necessário ocorre um efeito antiplastificante, onde o plastificante interage com o biopolímero porém não possui quantidade suficiente para que exista mobilidade (SHIMAZU, A. A., 2007).

1. ¹http://www.fcfar.unesp.br/alimentos/bioquimica/praticas_ch/teste_amido.htm

Tabela 1. Quantidades de glicerol utilizadas como plastificante em filmes de amido.

Glicerol (%)	Referência
0	FUJINO, N. N. I, 2016
1	FUJINO, N. N. I, 2016
5	SHIMAZU, A. A., 2007; FUJINO, N. N. I, 2016
10	SHIMAZU, A. A., 2007; FUJINO, N. N. I, 2016
15	SHIMAZU, A. A., 2007; FUJINO, N. N. I, 2016
30	SHIMAZU, A. A., 2007
40	SHIMAZU, A. A., 2007

Quanto a determinação da temperatura ideal para a reação, a literatura descreve como temperaturas que podem ser utilizadas, uma faixa de 55 °C - 90°C. (FUJINO, N. N. I, 2016).

Desta forma, estabeleceu-se como padrão uma quantidade de 15% de glicerol e foram feitos experimentos para a escolha da melhor temperatura. Os resultados obtidos estão apresentados na **Tabela 2**:

Tabela 2. Resultados obtidos para os testes de obtenção do bioplástico em diferentes temperaturas

Temperatura	Característica do Plástico
55°C	Não plastificou
80°C ~ 85°C	Maleável
90°~110°C	Rígido, com menos elasticidade

A partir dos resultados ficou estabelecido que o preparo do plástico seria feito com a temperatura aproximada de 80°C.

Após a determinação da temperatura realizou-se cinco testes com diferentes concentrações de glicerol (5%, 10%, 15%, 20% e 25%), os resultados obtidos estão apresentados na **Tabela 3**:

Tabela 3. Resultados obtidos para diferentes concentrações de glicerol.

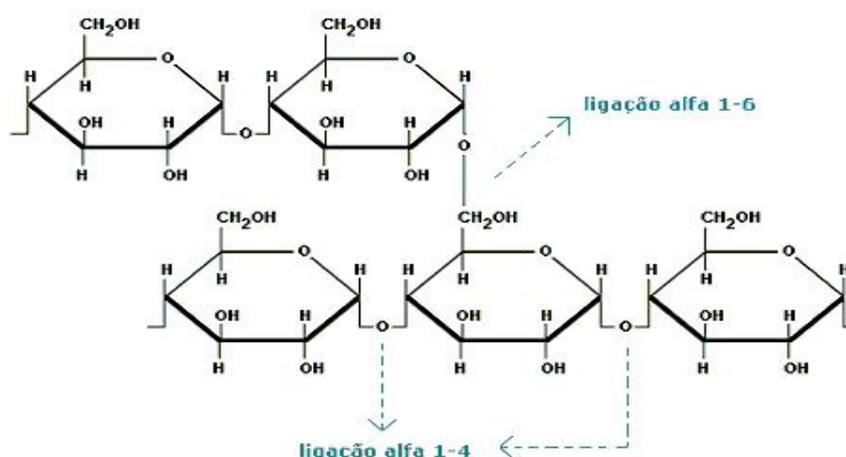
Concentrações de glicerol	Resistência
5%	Rígido
10%	Pouco rígido
15%	Maleabilidade razoável
20%	Muito maleável
25%	Muito maleável

O plástico biodegradável com concentração de 15% de glicerol foi o mais adequado aos objetivos traçados. Todos os bioplásticos obtidos apresentaram-se lisos, translúcidos e de pequena espessura.

Na sequência, testou-se o aumento na porcentagem de amido em massa em relação com o solvente da reação (água). Neste contexto foram feitas reações com 10% de amido e com 50 % de amido, e, após observação dos resultados constatou-se que a melhor porcentagem é a de 10 % porque quando se aumenta a concentração, diminui a solubilidade e conseqüentemente a reatividade.

A próxima alteração na metodologia foi em relação ao pH da solução. A reação foi realizada com adição de HCl com o objetivo de quebrar as ramificações entre C6 de uma unidade de glicose e C1 de outra unidade, em intervalos de 20 a 25 unidades de glicose (**Figura 1**) da amilopectina porque as ramificações tendem a dificultar a aproximação entre os polímeros (SOLOMONS, 2006).

Figura 1: Estrutura parcial da amilopectina.



Fonte: <http://www.fcfar.unesp.br/alimentos/bioquimica/praticas_ch/teste_amido.htm>. Acesso em 15 ago. 19.

Quando o amido é aquecido com água, forma-se gel e com o resfriamento ocorre um processo chamado de retrogradação que é a aproximação das moléculas do polímero. Desta forma o uso do ácido pode facilitar a retrogradação, facilitando as interações e deixando o plástico menos quebradiço. (AZEVEDO, DENARDIN, BORBA, 2009) As metodologias testadas com ácido estão representadas na tabela a seguir:

Tabela 4. Relação das condições das reações testadas com ácido.

Amido (gramas)	Água (mL)	Ácido clorídrico (frasco 36%-38% de pureza)	glicerol	Tempo total da reação (minutos)	neutralização
2,5	25	0,0184 mL	15%	7	-
2,0	25	0,009 mL	15%	25	pH: 5-6
2,0	20	0,0184 mL	15%	6	pH: 5-6
2,0	20	0,0184 mL	30%	13	pH: 5-6
2,5	95	$2,4 \cdot 10^{-3}$ mL	30%	45	-
2,5	30	0,0184 mL	15%	10	-
2,5	95	$2,4 \cdot 10^{-3}$ mL	15%	45	-
2,5	25	0,0184 mL	15%	11	-
2,5	25	0,0184 mL	30%	4	-
2,5	95	$2,4 \cdot 10^{-3}$ mL	15%	45	-

Além das alterações já mencionadas, também foram observadas as condições de secagem do filme. Neste contexto, foram feitos testes variando a superfície de secagem (isopor, porcelana ou vidro), tempo de secagem e umidade da atmosfera onde o filme secou. Após as variações observou-se que a melhor superfície é a porcelana e que o controle do tempo e da umidade do ambiente de secagem são fundamentais para que o filme formado não crie rachaduras.

Na **Tabela 5** estão indicadas todas as observações relacionadas com as variações na metodologia de obtenção do bioplástico.

Tabela 5. Modificações e efeitos observados durante o desenvolvimento da metodologia para obtenção do bioplástico.

FATOR	MODIFICAÇÃO	EFEITO OBSERVADO
Concentração do glicerol	Aumento	Maior elasticidade Menor rigidez
	Diminuição	Menor elasticidade Maior rigidez
Quantidade de água	Varição no volume de água utilizado durante as reações	A adição de água facilita a reação de plastificação, mas requer um maior tempo de reação
Concentração de HCl	Adição de ácido	Diminui o tempo de reação
	Grandes concentrações	Tornam a mistura viscosa, impedindo o processo de agitação e mistura.
Faixas de temperatura	Varição nas faixas de temperatura durante a reação	O aumento da temperatura resulta em soluções mais viscosas e plásticos mais rígidos
Concentração de amido	Aumento da concentração de amido	Diminui a solubilidade. Não ocorre reação
Superfície de secagem	Diferentes superfícies testadas (acetato, porcelana, isopor)	A superfície onde a solução seca influencia diretamente na homogeneidade e transparência do produto final.
Umidade do ambiente de secagem	Testes em ambientes secos, ao ar livre e em umidade controlada	Um ambiente com umidade mais elevada favorece a integridade do filme
Tempo de secagem	O tempo que as amostras ficam sobre as superfícies de secagem	Quanto mais tempo ficam as amostras, mais quebradiço fica o plástico obtido

A partir dos resultados apresentados, é notável que o grão do sorgo pode ser um precursor para obtenção de amido e consequente produção de plástico biodegradável. O amido pode ser extraído diretamente do grão, evidenciando a acessibilidade de suas aplicações, uma vez que é rico em tal matéria-prima.

6. Referências Bibliográficas

AZEVÊDO, Luciana Cavalcante de.; SÁ, Alessandra S. Cordeiro de; ROVANI, Suzimara; FUNGARO, Denise Alves. **Propriedades do amido e suas aplicações em biopolímeros**. 2017. 8f. Artigo Científico - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano, Pernambuco; Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares. Cad. Prospec., Salvador, v. 11, **Edição Especial**, p.351-358, abr./jun. 2018.

BORBA, Verônica Simões de; SILVEIRA, Cinthia Ortiz; ALVES, Janaína Barreto; GROPELLI, Victória Marques; BADIALE-FURLONG, Eliana. **Modificações do amido e suas implicações tecnológicas e nutricionais**. Ciência e Tecnologia de Alimentos: pesquisa e práticas contemporâneas. Doi: 10.37885/210504724

DENARDIN, Cristiane Casagrande. SILVA, Leila Picolli da. **Estrutura dos grânulos de amido e sua relação com propriedades físico-químicas**. Tecnologia de Alimentos. Ciência Rural, Santa Maria, v. 39, n.3, mai-jun, 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0103-84782009005000003>

FORTUNA, Ana Luísa Lobo. **Impactos ambientais dos plásticos: biopolímeros como alternativa para a redução do acúmulo de embalagens flexíveis de Polipropileno no meio ambiente**. Monografia em Engenharia Química. Orientadora: Clarice Campelo de Melo Ferraz, D.Sc. Fevereiro de 2020.

FRANÇA, I.S.; SILVA, J.C.S.; LIMA, P.Q. **A importância do sorgo na pecuária bovina leiteira no Brasil**. v. 14, n. 1, 2017.

FUJINO, N. N. I.; CAMILLO, V. C. G. Preparo e caracterização de plásticos biodegradáveis a partir do amido e da gelatina com diferentes proporções de glicerol oriundo do biodiesel. In: **Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente**, 5, 2016, Rio Grande do Sul (Bento Gonçalves). Artigo Científico.

HERMENEGILDO, Pollyane. **Sorgo: Aprenda um pouco as Características dessa Cultura!** Disponível em: <https://agropos.com.br/sorgo/>. Acesso em 04/10/2022

NICHEL, Suelen. **Obtenção e caracterização de filmes biodegradáveis de amido de pinhão e batata doce**. TCC. Lageado: Univates, 2022.

PARAGINSKI, R. T. **Efeitos da temperatura de armazenamento de grãos de milho (*Zea mays* L.) nos parâmetros de qualidade tecnológica, metabólitos e propriedades do amido**. 2013, 111f. Dissertação (Mestrado) – Programa de PósGraduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos. Universidade Federal de Pelotas.

SANTOS, B. dos; COELHO, T. M.; FILHO, N. A. Produção de plástico biodegradável a base de amido modificado. In: **EPCT: Encontro de Produção Científica e Tecnológica**, 9, 2014, Paraná (Campo Mourão). Artigo Científico.

SILVA, N. **Quantificação de amido e proteínas totais em grãos de sorgo [*Sorghum bicolor* (L.) Moench - Família: Poaceae] visando à alimentação humana**. Instituto de Ciências Biológicas, Universidade de Brasília. Brasília, 2015.

SHIMAZU. A. A.; MALI, S.; EIRAS, G. M. V. **Efeitos plastificante e antiplastificante do glicerol e do sorbitol em filmes biodegradáveis de amido de mandioca**. Semana Ciências Agrárias, vol. 28, n. 1, p. 79-88, 2007, Universidade Estadual de Londrina, Londrina, Brasil.

SOLOMONS, T. W. G.; FRYHLE, C. B. **Química Orgânica**. 8ª ed. LTC: Rio de Janeiro, **2006**.

TIMM, N. S. **Secagem e processamento de genótipos de milho: efeitos sobre as propriedades físico-químicas e tecnológicas do amido e do óleo**. 2020, 91 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de PósGraduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos. Universidade Federal de Pelotas.

http://www.fcfar.unesp.br/alimentos/bioquimica/praticas_ch/teste_amido.htm.

Acesso em 17 out. 22.