

IRRADIAÇÃO DE RESÍDUOS FIBROSOS COM FEIXES DE ELÉTRONS: EFEITOS NA COMPOSIÇÃO QUÍMICA E DIGESTIBILIDADE¹







D.M.S.S. VITTI²; N.L. DEL MASTRO³; O.K. KIKUCHI³; N. de L. NOGUEIRA²

²Centro de Energia Nuclear na Agricultura/USP, C.P. 96, CEP: 13416-000 - Piracicaba, SP.



³Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares/CNEN, CEP: 05508-900 - São Paulo, SP.

Services on Demand

Article

-  Article in xml format
-  Article references
-  How to cite this article
-  Curriculum ScienTI
-  Automatic translation
-  Send this article by e-mail

Indicators

-  Cited by SciELO
-  Access statistics

Related links

Share

More 

More

 Permalink

RESUMO: Amostras de bagaço de cana e resíduos de cultura de arroz e algodão foram irradiadas com feixes de elétron, em acelerador industrial tipo Dynamitron para verificar os efeitos da dose de irradiação na digestibilidade da matéria seca e na composição química e estrutural. Os tratamentos consistiram na aplicação de 200, 400, 600, 800 e 1000kGy com ou sem aplicação de amônia gasosa para o bagaço de cana e 200kGy com e sem amônia para os resíduos de cultura. Após os tratamentos, o material foi seco e moído para a análise bromatológica completa. A digestibilidade *in situ* foi medida pela técnica envolvendo sacolas de náilon. As análises estruturais foram realizadas por microscopia óptica e eletrônica. A irradiação produziu uma redução nos conteúdos de fibra bruta e fibra detergente neutro ($P < 0.01$). O teor de compostos fenólicos aumentou com a dose aplicada, sugerindo quebras na estrutura do complexo lignocelulósico. Verificou-se um aumento na digestibilidade com o incremento da dose. Para o bagaço de cana, as doses mais elevadas produziram um incremento de 24 unidades em digestibilidade em relação ao material não tratado; para os restos de cultura os aumentos foram menores. Pela análise estrutural, verificou-se que doses de 800 e 1000kGy produziram fragmentação no bagaço de cana. Nas amostras referentes à cultura de arroz e algodão, observou-se alguma alteração celular e separação de fibras com 200kGy. Concluiu-se que a irradiação por elétrons levou a alterações significativas na composição química, estrutural e na digestibilidade de resíduos fibrosos. A utilização de biomassa irradiada como complemento na alimentação aos ruminantes parece ser promissora.

Descritores: bagaço de cana, digestibilidade, irradiação, resíduos

ELECTRON IRRADIATION OF HIGH FIBER BY-PRODUCTS: EFFECTS ON CHEMICAL COMPOSITION AND DIGESTIBILITY

ABSTRACT: Samples of sugarcane bagasse, rice and cotton residues were irradiated with various doses (200, 400, 600, 800 and 1000kGy) in an electron accelerator with or without anhydrous gaseous NH_3 post-treatment, to evaluate the effects of irradiation on dry matter digestibility and on their chemical and physical properties. After irradiation, samples were dried and ground for chemical analysis. Dry matter digestibility was determined with the nylon bag technique. Structural analysis was performed using light and electron microscopy. Crude

fiber and neutral detergent fiber significantly decreased ($P < 0.01$) for irradiated samples. Phenolic contents increased with the applied dose indicating that lignin was decomposed. Dry matter digestibility increased with increasing dose. An increase of 24 digestibility units was observed for bagasse at highest dose. Based on microscopy, fragmentation of sugarcane bagasse was observed at 800-1000kGy and some cellular alterations occurred at 200kGy for rice and cotton residues. It was concluded that irradiation caused significant changes on chemical and physical properties and on digestibility of fibrous residues. Utilization of irradiated biomass for animal feed appears promising.

Key Words: sugarcane bagasse, digestibility, ionizing radiation, residues

INTRODUÇÃO

O Brasil é um dos maiores produtores de cana-de-açúcar, apresentando uma área total de plantio da ordem de 4,2 milhões de hectares, o que representa 7,5% da área cultivada. Dentre os sub-produtos da indústria sucroalcooleira, o bagaço é produzido na proporção de 280kg/ton de cana esmagada. O valor nutritivo desse sub-produto é baixo, devido às ligações que ocorrem entre a celulose, hemicelulose e lignina. O alto teor em fibra (47%), a reduzida quantidade de proteína (1,6%) e o alto índice de lignina resultam em baixa digestibilidade, o que leva ao reduzido desempenho e baixo consumo pelos ruminantes quando alimentados com essa fonte.

Vários tratamentos têm sido usados para melhorar a digestibilidade e palatabilidade de resíduos fibrosos. Em particular, a irradiação com feixes de elétrons, provenientes de aceleradores industriais, tem possibilitado estudos dirigidos ao aproveitamento de fibras (Smith et al., 1985). Em ensaios com bagaço de cana tratado com raios γ (Han et al., 1983), verificaram que a fração hemicelulose foi decomposta e a digestibilidade *in vitro* aumentou. Dados promissores em relação ao incremento da hidrólise enzimática e biodigestibilidade do bagaço de cana ou palhas de cereais quando submetidos à irradiação foram também encontrados (Smith et al., 1985).

O presente trabalho teve por objetivo investigar os efeitos de diversas doses de irradiação com feixes de elétrons, combinada ou não com a aplicação de amônia gasosa, na composição química, estrutural e na digestibilidade do bagaço de cana e restos de cultura de arroz e algodão.

MATERIAL E MÉTODOS

Material e tratamentos: Foram utilizadas amostras de bagaço de cana (Usina Costa Pinto, Piracicaba, SP) e restos de cultura de arroz e algodão (Fazenda Santo Antonio, Colômbia, SP) obtidas junto aos produtores.

As amostras foram irradiadas em um acelerador industrial tipo Dynamitron (Radiation Dynamics Inc.), nas seguintes condições operacionais: energia de 1,5MeV, corrente do feixe de 7,0 mA, 100 cm de varredura. O material previamente seco à temperatura ambiente, foi colocado em bandejas (0,45 g/cm²), e coberto por película de alumínio. A velocidade da esteira sob o feixe do acelerador foi de 0,84 cm/min, dose de 50kGy/passada.

Após a irradiação, as amostras foram submetidas a tratamento com amônia gasosa anidra, à temperatura ambiente, em sistema especialmente elaborado que permitia alternar conexões de nitrogênio, amônia gasosa e a atmosfera após borbulhamento em solução de ácido sulfúrico.

Os seguintes tratamentos foram aplicados:

TESTE 1: bagaço sem tratamento (BAGSEM TRAT), bagaço irradiado nas doses de 200 (BAG200) e 400 kGy (BAG400) com e sem amônia.

TESTE 2: bagaço sem tratamento (BAGSEM TRAT), bagaço irradiado com 600 (BAG600), 800 (BAG800) e 1000 kGy (BAG1000), com e sem amônia.

TESTE 3: restos de cultura de arroz e algodão sem tratamento, ou irradiados com 200 kGy, com ou sem amônia.

Análises: O material foi seco (100°C) e moído, seguindo-se a análise bromatológica completa (ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS, 1980). O teor de compostos fenólicos foi analisado após a extração com etanol, pelo método de Folin-Ciocalteu.

Ensaio de digestibilidade: Os ensaios de digestibilidade foram feitos empregando-se a técnica com sacos de náilon. Para este ensaio, foram utilizados dois bovinos, especialmente preparados para estudo de degradabilidade *in situ*, que receberam dieta à base de feno de *Brachiaria decumbens* e ração comercial, para um nível de manutenção. (AGRICULTURAL AND FOOD RESEARCH COUNCIL, 1993) .

Prepararam-se 3 repetições por tratamento, tempos de incubação de 24, 48, 72h. As sacolas foram lavadas, secas e a digestibilidade medida por diferenças de pesagem.

As características de degradação do material foram descritas pela equação $p = a + b(1 - e^{-ct})$ (Orskov & McDonald, 1979), onde p é a degradação no tempo t , a e b são constantes e c representa a taxa de degradação do material solúvel.

Os resultados foram analisados seguindo um esquema inteiramente ao acaso, considerando os fatores tratamentos e períodos de incubação. O teste de Tukey foi usado para comparação de médias.

Análises estruturais: As análises das estruturas e ultraestruturas foram realizadas por microscopia óptica e eletrônica, respectivamente. Foram preparadas lâminas com macerados e com cortes semifinos de bagaço de cana, resíduos de arroz e algodão dos diferentes tratamentos para as análises ao microscópio óptico. As células foram separadas utilizando solução macerante de Franklin, consistindo na incubação em água oxigenada 130v, ácido acético glacial e água destilada (1:1:1) a 50°C, até clareamento das amostras e obtenção do macerado. Após lavagem em água corrente, o macerado foi corado com solução alcoólica de safranina. No preparo das lâminas, uma pequena alíquota de cada amostra foi submersa em glicerina 50% e as observações foram feitas em fotomicroscópio, de transmissão e polarização.

Para a preparação de cortes semifinos e ultrafinos, as amostras foram fixadas em solução de 2% glutaraldeído e 4% paraformaldeído em solução tampão cacodilato 0,1 M, pH = 7,2. Após lavagens foram fixadas em 2% tetróxido de ósmio. A desidratação foi feita em séries de concentração crescente de acetona e a inclusão foi feita gradualmente com Epon e acetona (1:1, 2:1 e puro). Após polimerização, os espécimes foram seccionados, colocados em lâminas de vidro e corados com azul de toluidina. Foram então feitas as observações e fotografias.

Os cortes ultrafinos foram corados com acetato de uranila 2.5% em água e citrato de chumbo, observados ao microscópio eletrônico de transmissão e fotografados para análise.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados das análises bromatológicas para os vários materiais e tratamentos encontram-se nas [TABELAS 1, 2, e 3](#).

TABELA 1 Análise bromatológica de bagaço de cana submetido a vários tratamentos (%) (Teste 1).						
Tratamento	Sem Tratamento	Bagaço NH ₃ +	Bagaço 200kGy NH ₃ -	Bagaço 200kGy NH ₃ +	Bagaço 400kGy NH ₃ -	Bagaço 400kGy NH ₃ +
Mat. Seca	97,51	91,05	97,66	97,63	98,24	97,32
Cinzas	1,84	1,81	1,81	1,43	2,41	1,98
Prot. Bruta	1,6	5,5	2,33	4,06	1,7	4,81
Extr. Etéreo	1,36	1,2	1,2	1,1	1,08	0,94
Açúcares solúveis	0,5	1	3,5	2,8	3,8	2,8
Fibra Bruta	40,16	45,75	24,18	4,72	17,01	17,33
Fibra Detergente Neutro	91,21	95,53	78,53	78,58	68,41	68,88
Compostos Fenólicos	0,7	0,96	1,16	1,02	1,44	1,54

Tratamento	Bagaço sem tratamento	Bagaço NH ₃ ⁺	Bagaço 600 kGy NH ₃ ⁻	Bagaço 600 NH ₃ ⁺ kGy	Bagaço 800 NH ₃ ⁻ kGy	Bagaço 800 kGy NH ₃ ⁺	Bagaço 1000 kGy NH ₃ ⁻	Bagaço 1000 kGy NH ₃ ⁺
Mat. Seca	93,45	91,14	95,6	94,67	95,64	95,28	95,49	94,5
Cinzas	3,39	2,83	4,56	7,39	5,96	5,13	4,14	3,69
Prot.Bruta	3,02	5,11	2,78	6,29	2,63	5,87	2,57	5,84
Extr.Etéreo	0,8	0,85	0,75	1,42	0,8	0,86	0,9	3,44
Açúcares solúveis	0,5	1	4	3,5	4	4,5	5	4,5
Fibra Bruta	43,1	45,57	15,22	12,54	14,09	13,46	17,08	16,96
Fibra Detergente Neutro	91,62	90,2	59,93	59,92	54,67	53,45	49,27	47,76
Compostos Fenólicos	0,74	0,56	2,11	1,79	2,06	2,27	2,46	2,87
Fósforo	0,03	0,03	0,03	0,03	0,02	0,03	0,04	0,03

Tratamento	Restos Algodão	Resto Algodão NH ₃ ⁺	Algodão 200kGy NH ₃ ⁻	Algodão 200kGy NH ₃	Cultura Arroz	Arroz NH ₃ ⁺	Arroz 200kGy NH ₃ ⁻	Arroz 200kGy NH ₃ ⁺
Mat. Seca	91,06	94,42	95,54	94,74	91,57	94,32	94,33	93,76
Cinzas	6,96	6,69	6,82	6,67	7,75	7,02	8,02	8,26
Prot. Bruta	8,38	9,53	8,11	10,83	6,52	7,44	6,77	8,43
Extr. Etéreo	2,74	2,16	1,86	1,9	2,63	3,18	1,84	1,64
Fibra Bruta	40,45	35,11	21,48	21,52	46,38	52,71	29,06	31,57
Fibra Detergente Neutro								
Compostos Fenólicos	0,66	0,5	1,08	0,91	0,56	0,66	0,97	0,96

A irradiação produziu uma redução no conteúdo de fibra bruta e na fibra detergente neutro ($P < 0.01$). Resultado semelhante foi observado (Flachowsky et al., 1990), quando sub-produtos de madeira foram tratados com raios γ , com doses que variaram de 100 a 2000 KGy. Efeitos similares também foram obtidos com palhas de arroz irradiadas com elétrons de alta velocidade (Leonhardt et al., 1983). Esse decréscimo ocorre porque a radiação leva à despolimerização da celulose e é seguida de um aumento no teor de carboidratos solúveis. Fato semelhante ocorreu no presente experimento, quando verificou-se o aumento do teor de açúcares solúveis com a dose aplicada ao bagaço. O bagaço tratado com doses mais elevadas apresentou-se escuro e quebradiço, mostrando que realmente houve mudanças em sua estrutura. O teor de compostos fenólicos também aumentou com a dose de radiação aplicada, tanto para o bagaço de cana como para os restos das culturas. Isso indica que provavelmente houve quebras na estrutura da lignina (Vitti et al., 1985). Geralmente, quando ocorrem essas quebras, há um aumento na fração de extrato etéreo, pois os componentes formados são solúveis em éter. Observou-se este fato para as doses mais altas de radiação. Os efeitos produzidos pela irradiação do bagaço de cana comparam-se aos observados pelo tratamento com pressão e vapor. Redução no teor de fibra bruta e detergente neutro, e aumento na fração extrato etéreo devido à formação de compostos fenólicos foram observados para o bagaço tratado sob pressão de vapor equivalente a 19,4Kg/cm² (Moral, 1985). O tratamento com amônia apenas contribuiu para um aumento no teor de nitrogênio não protéico. O tratamento da palha de milho e bagaço de cana resultou em aumento no teor de proteína bruta de 4,36% para 9,68% e de 2,59% para 8,76 (Pereira et al., 1990).

Os dados de digestibilidade para o bagaço de cana no teste I estão ilustrados na [Figura 1](#) e aqueles referentes ao teste 2 encontram-se na [Figura 2](#).

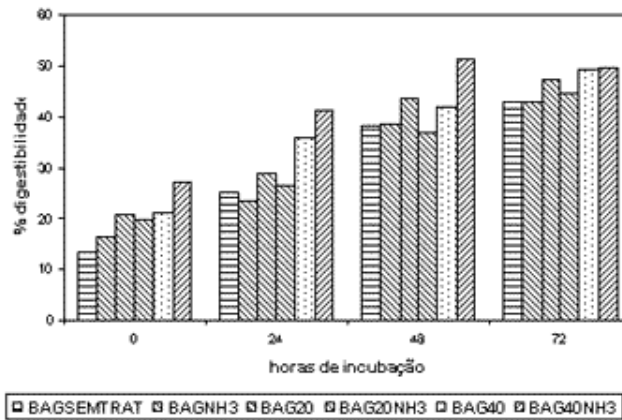


Figura 1 - Digestibilidade do bagaço de cana submetido a diversas doses de radiação.

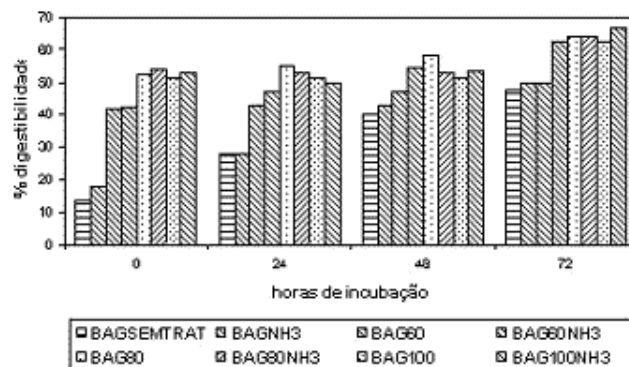


Figura 2 - Digestibilidade do bagaço de cana submetido a diversas doses de radiação.

Os valores médios para o teste 1 foram 42,32; 37,11; 35,33; 31,99; 30,39 e 29,99%, para BAG400NH3, BAG400, BAG200, BAG200NH3, BAGNH3 E BAGSEMTRAT, respectivamente. A análise estatística indicou que BAG400NH3 foi o mais digestível, seguido de BAG400 e BAG200 ($P < 0.01$). O tratamento BAG400NH3 resultou em um aumento na digestibilidade de 12 unidades. Entretanto, esse acréscimo é pequeno quando comparado com o produzido por outros tipos de tratamentos. Uma melhora de 21 unidades em bagaço tratado com pressão de vapor ou solução NaOH (5%) em relação ao material cru foi também observada (Vitti, 1984).

Para o teste 2, os resultados médios foram 64,0; 60,83; 60,58; 58,17; 56,42; 43,83; 43,75; 41,50%, para BAG800NH3, BAG800, BAG1000NH3, BAG1000, BAG600NH3, BAGNH3, BAG600 e BAGSEMTRAT, respectivamente. A análise estatística indicou que os menores ($P < 0.001$) valores foram observados para BAG600, BAGNH3 e BAGSEMTRAT. Verificou-se que para as doses mais elevadas de radiação, os incrementos na digestibilidade (24 unidades) em relação ao material não tratado foram maiores do que aqueles anteriormente observados.

Os componentes das curvas referentes à degradação do bagaço para o teste 1 encontram-se na [TABELA 4](#). Para o teste 2 não foi possível a utilização da equação da degradabilidade potencial porque os dados não apresentaram a convergência exigida por essa equação (Orskov & McDonald, 1979).

TABELA 4 - Características de degradação do bagaço da cana irradiado e/ou tratado com amônia de acordo com a equação $p = a + b(1 - e^{-ct})$.						
Tratamento	Perda de material solúvel após lavagem (%)	a	b	c	(a + b)	T _{1/2} (hs)
BAG	13,50a	14,17c	31,97a	0,0402a	46,14	17,2a
BAG NH ₃	16,21a	16,78bc	26,76a	0,0563a	43,54	12,41a
BAG 20	20,83a	20,62abc	27,47a	0,0600a	48,05	11,60a
BAG20 NH ₃	19,78a	25,50abc	26,76a	0,0376a	52,26	13,43a
BAG40	21,14a	28,83abc	25,67a	0,041a	54,5	11,59a
BAG40 NH ₃	27,03a	31,02a	25,34a	0,0605a	56,36	11,43a

No teste 1, o valor **a**, que corresponde ao material prontamente solúvel no rúmen, e a perda de material solúvel pela lavagem das sacolas, foi significativamente maior para BAG400 e BAG400NH₃, ($P < 0,01$). Não houve diferenças para o termo **b**, que representa o material insolúvel mas, potencialmente degradável. Apesar disso, a degradabilidade total da amostra (**a + b**) foi maior para o tratamento com maior dose de radiação. O BAGSEMTRAT e BAGNH₃ apresentaram menor degradabilidade.

Para a constante **c**, que indica a taxa de degradação do material insolúvel, verifica-se que não há diferenças entre os tratamentos e o mesmo ocorrendo para os valores de T_{1/2}, que indicam o tempo de permanência no rúmen. Apesar de não haver diferenças para os valores de T_{1/2} há uma tendência de maior valor para o material não tratado, indicando maior tempo de permanência no rúmen.

O aumento na digestibilidade do bagaço tratado deve-se à redução no conteúdo de fibra bruta, celulose e fibra detergente neutro (Leonhardt et al., 1983), o que também foi observado no presente trabalho. Geralmente há uma correlação entre esses parâmetros e a perda de matéria no rúmen (Flachowsky et al., 1990). Pela despolimerização da celulose, quebra da lignina, formam-se mono e oligossacarídeos que podem ser utilizados efetivamente pelos microorganismos do rúmen (Krishnamurti & Kitts, 1983), aumentando assim a digestibilidade.

A medida da digestibilidade com a técnica *in situ* expressa a perda de matéria seca contida nas sacolas de nailon. Entretanto, não se pode concluir que o valor nutritivo do produto irradiado aumenta na mesma proporção. Por isso é importante também, a avaliação com animais. O processo da digestão de paredes celulares vegetais ocorre predominantemente pela ação das bactérias celulolíticas. A adesão desses microorganismos nos materiais seria um processo específico e não resultante simplesmente das interações hidrofóbicas entre ambos, havendo uma adesão não competitiva em diferentes sítios da parede celular. Assim, as mudanças que ocorrem nos resíduos lignocelulósicos por ação da radiação podem estar afetando a digestibilidade de diversas maneiras, podendo haver coincidência ou não de dados provenientes de experimentos *in vitro* e *in vivo* (Flachowsky et al., 1990).

Há várias opiniões sobre a influência da radiação na digestibilidade de forragens de baixa qualidade. Uma menor atividade microbiana e depressão de digestibilidade em palhas irradiadas pelo aumento da taxa de passagem da dieta no trato digestivo foram observadas (McMann et al., 1972). Também obteve-se maior digestibilidade aparente em forragens irradiadas em relação às não tratadas (Henning et al., 1980). Um decréscimo da digestibilidade e menor ganho de peso em bovinos foram observados quando o feno da dieta foi substituído por sub-produtos de madeira irradiados. Este decréscimo pode ser devido ao acúmulo de compostos intermediários formados, tóxicos aos microorganismos do rúmen, tais como ácidos e peróxidos (Flachowsky et al., 1990).

Os valores de digestibilidade para os restos de cultura de algodão e arroz são ilustrados nas Figuras 3 e 4. Para casca de arroz não houve significância entre tratamentos, embora tenha ocorrido uma diferença de 10 unidades entre o material cru e tratado com 200kGy. Os valores médios foram 48,75; 44,65; 41,75 e 38,04%, respectivamente para 200NH₃, 200kGy, sem tratamento e NH₃. Para o algodão, o tratamento com 200kGy foi o mais efetivo em aumentar a digestibilidade ($P < 0,01$), sendo as médias observadas de 49,15; 46,90; 41,81 e 37,27 para 200NH₃, 200kGy sem tratamento e NH₃, respectivamente.

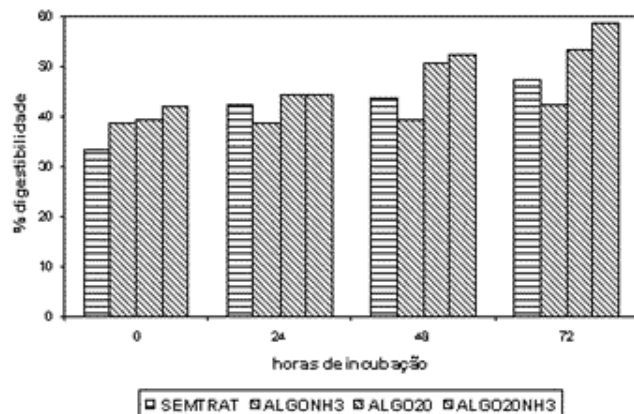


Figura 3 - Digestibilidade de resíduos de algodão submetido a diversas doses de radiação.

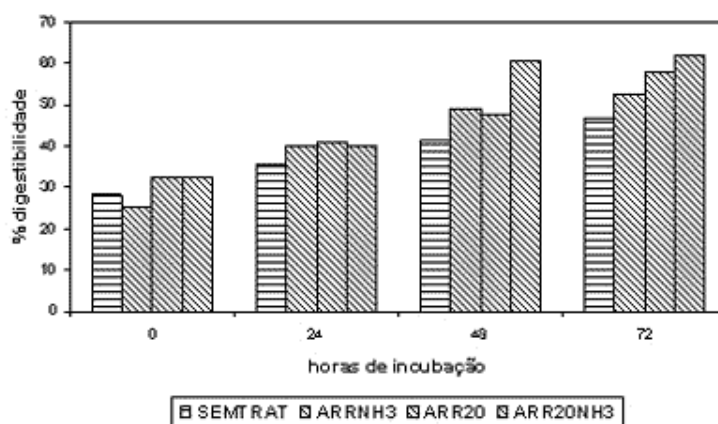


Figura 4 - Digestibilidade da casca de arroz submetida a diversas doses de radiação.

O tratamento com amônia não afetou significativamente o grau de fragmentação do material celulósico, causando somente um escurecimento visível a nível macroscópico, principalmente na casca de arroz irradiada. Esta alteração de cor no arroz também ocorreu só com a irradiação, enquanto que no bagaço de cana foi observada nas amostras simultaneamente irradiadas e tratadas com amônia. Quanto maior a dose de irradiação, menor tempo de incubação foi necessário para obtenção do macerado de todas as amostras irradiadas. Isso foi nitidamente observado em nível macroscópico na casca de arroz, cuja estrutura mostrou-se bastante rígida, dificultando o processamento das amostras não irradiadas.

O bagaço de cana foi o material que se fragmentou com maior facilidade ao ser irradiado, principalmente com as doses mais elevadas (Figura 5), provavelmente devido ao seu alto conteúdo de fibras, algumas bem longas e estreitas. As células fibriformes, um dos elementos de suporte da planta, possuem uma parede secundária relativamente espessa, rica em celulose, hemicelulose e lignina. Entretanto, por serem normalmente longas e mais estreitas do que os elementos traqueais, a fragmentação parece ocorrer principalmente de forma transversal ao longo das fibras. Como as cadeias de celulose estão ordenadas longitudinalmente nas paredes das fibras, a despolimerização deve ocorrer entre as unidades de glicose, perpendicularmente ao comprimento das fibras. Com as doses de 400kGy e 600kGy foi possível verificar um grande número de pontos de excisões ao longo das fibras (McLaren, 1978). Parece existir um efeito de dose-dependência na produção de excisões nas cadeias de celulose de madeira irradiada. É possível verificar também que os fragmentos das fibras continuaram apresentando o efeito polarizador característico da estrutura cristalina da celulose.

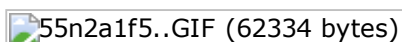


Figura 5 - Microscopia de transmissão de: **A** - bagaço de cana-de-açúcar - Controle; **B** - bagaço irradiado com 1000KGy - (2000x).

Os elementos traqueais e primários não sofreram modificações estruturais marcantes com as doses de 200kGy a 600kGy, enquanto que com as doses de 800kGy e 1000kGy não foram observados elementos intactos nas lâminas. Essas estruturas tem paredes constituídas principalmente por polissacarídeos, ricos em microfibrilas e com moléculas de lignina depositadas entre as cadeias adjacentes dos polissacarídeos. Apesar da alta radiosensibilidade da celulose, os anéis aromáticos da lignina e outros compostos podem atuar como protetores contra os efeitos danosos das radiações (Smith & Mixer, 1959).

Nas observações dos cortes semifinos ao microscópio óptico observou-se que as fibras de bagaço de cana não foram alteradas pelo tratamentos com amônia, sendo que os tecidos fibrosos foram separados formando fendas e o parênquima apresentou-se normal ([Figura 6A](#)). Aparentemente, o tratamento com diferentes doses de radiação não ocasionou mudanças acentuadas nos tecidos; o aparecimento de fendas entre as células foi mais frequente com o aumento da dose ([Figura 6B,C,D](#)).

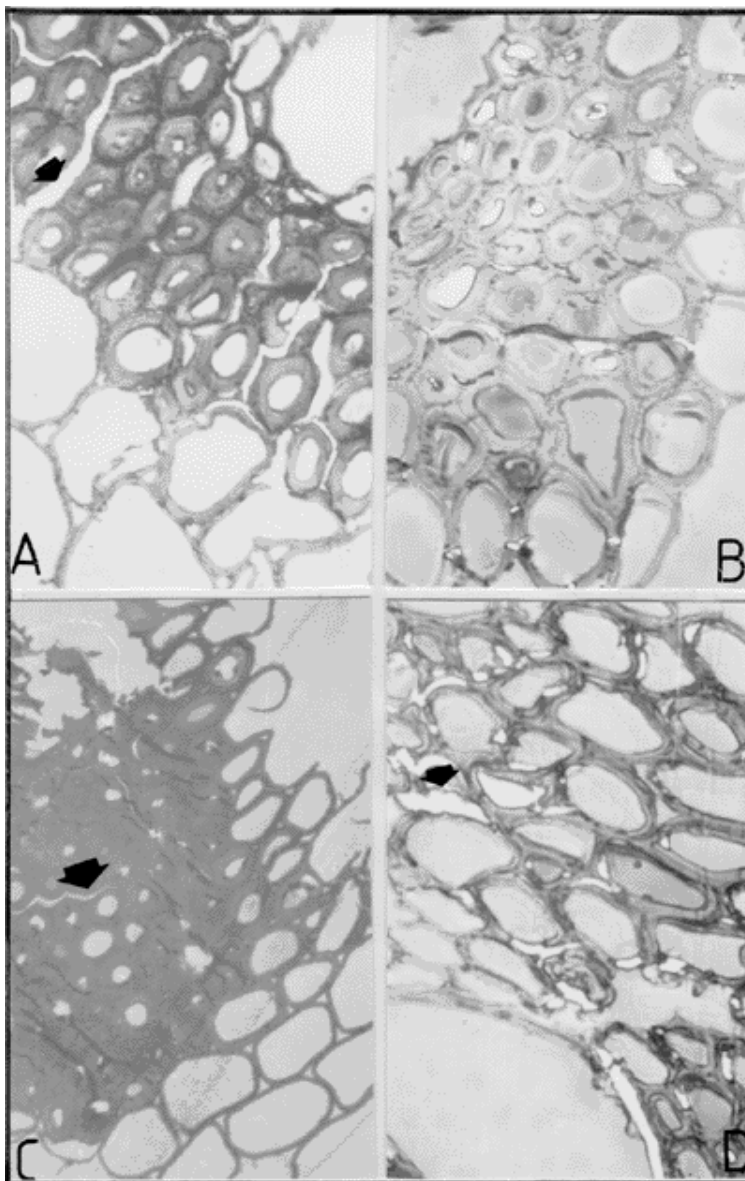


Figura 6 - Fotomicrografia de bagaço de cana tratado com: **A** - amônia; **B**, **C** e **D** - com 400, 600 e 800kGy respectivamente (2000x).

No caso do algodão, a presença de amônia não alterou as fibras ([Figura 7A](#)), enquanto que o tratamento com 200kGy ocasionou alteração celular ([Figura 7B](#)). Neste caso, há uma correspondência com os resultados dos ensaios de digestibilidade (menor teor de fibra).

As secções transversais da casca de arroz mostram fibras intactas nos tecidos tratados com NH₃, ([Figura 7C](#)) e nos irradiados, separação de fibras ([Figura 7D](#)). Esta separação poderia ser atribuída à irradiação; as fibras dos vasos estão íntegras mas há alterações nas células tratadas com 200kGy. Estes resultados são concordantes com a análise de digestibilidade.

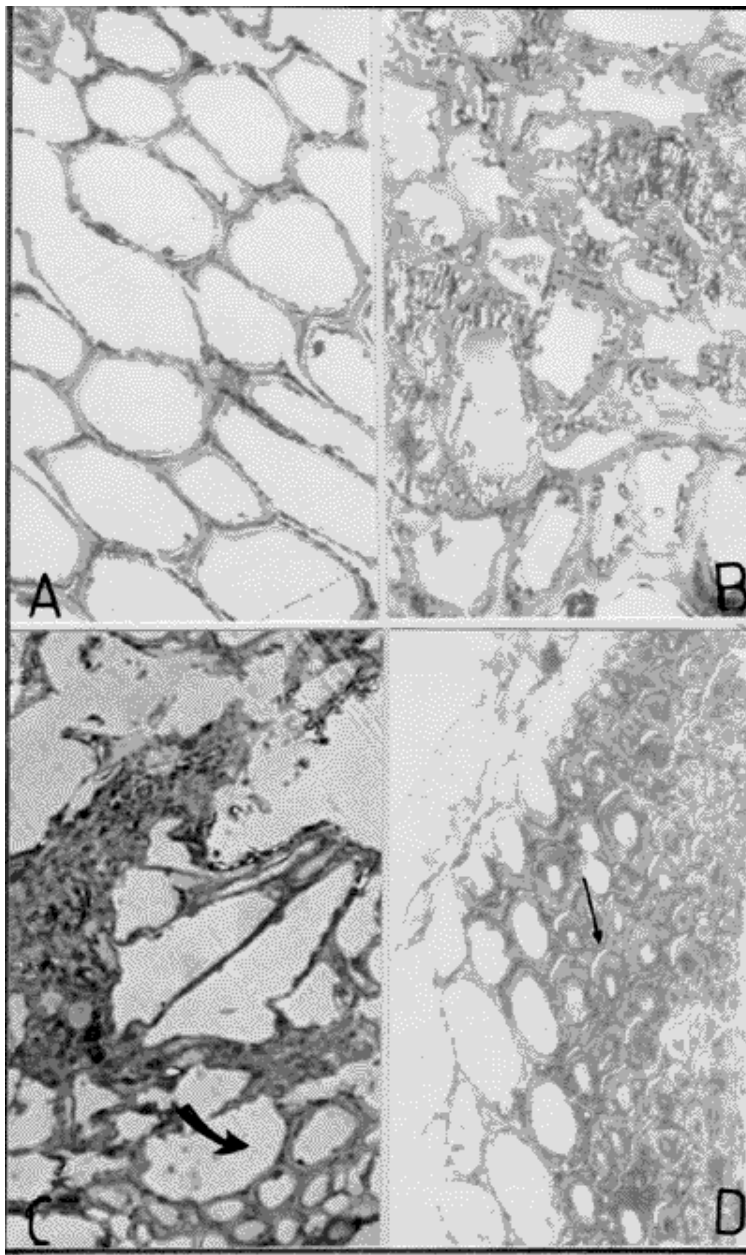


Figura 7 - Fotomicrografia de resíduos de cultura de algodão e arroz. **A e C** - tratados com amônia; **B e D** - tratados com 200K Gy respectivamente (2000x).

As observações das fibras de bagaço de cana ao microscópio eletrônico ([Figura 8A](#)) revelaram células fibriformes com lamelação concêntrica que aparentemente não foram afetadas pelo tratamento com amônia ([Figura 8B](#)). Contrariamente aconteceu com as células fibriformes no material irradiado, quando observaram-se aberturas entre elas, as quais se acentuaram com o aumento da dose ([Figura 8C-F](#)).

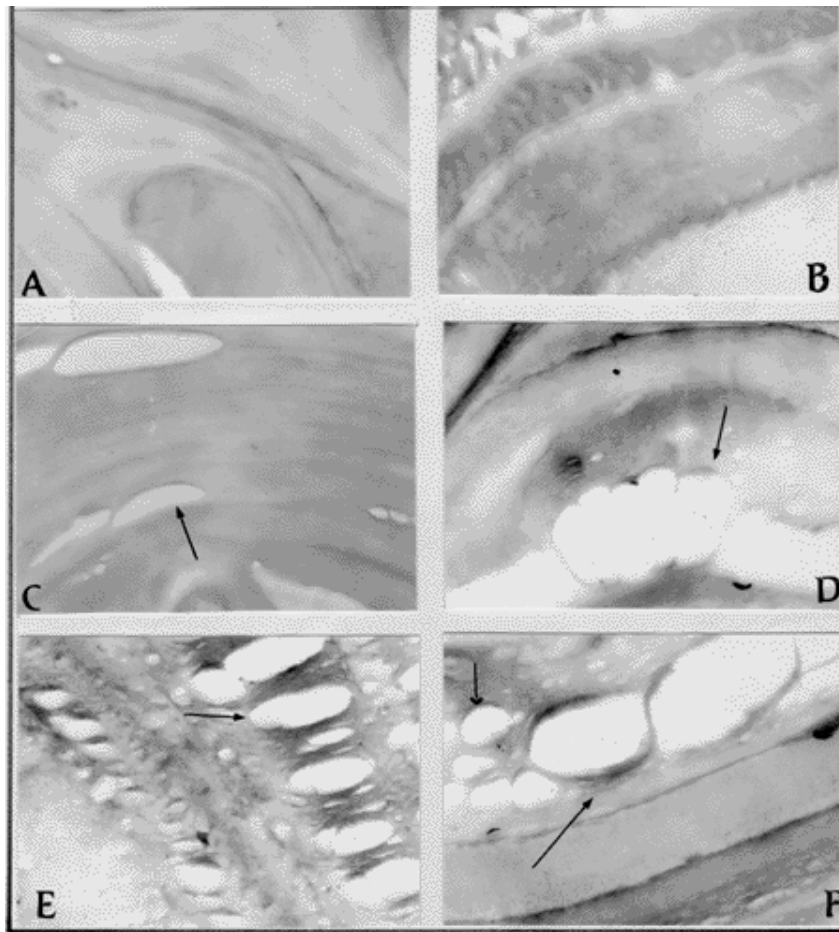


Figura 8 - Eletrofotomicrografias de bagaço de cana. **A** - controle; **B** - tratado com amônia; **C, D, E e F** - irradiado com 200, 400, 600 e 8000Kgy respectivamente < > . 6µm

As células fibriformes de casca de arroz e de algodão apresentaram-se com lamelação uniforme, sem aberturas, para o tratamento com 200kGy ([Figura 9AB](#)).

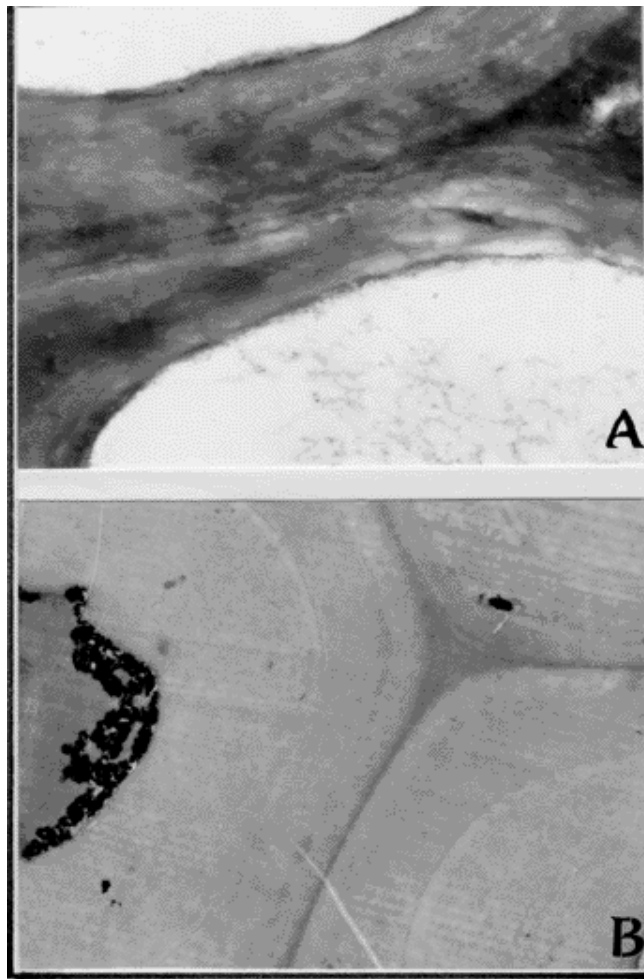


Figura 9 - Eletrofotomicrografia de casca de arroz (A) e de algodão (B) irradiados com $< > 1.7\mu\text{m}$.

Em síntese, o tratamento de resíduos fibrosos com irradiação por feixes de elétrons levou a:

- redução no teor de fibra bruta e fibra detergente neutro, o que refletiu em aumento da digestibilidade;
- aumento do conteúdo de componentes fenólicos, devido a prováveis quebras na estrutura da lignina;
- aumento no teor de açúcares solúveis pela quebra de celulose e hemicelulose;
- aumento no grau de fragmentação do material celulósico.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGRICULTURAL AND FOOD RESEARCH COUNCIL. **Energy and protein requirements of ruminants**. Wallingford: CAB Internacional, 1993. 159p.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists**. 13.ed. Washington, 1980. p.1018. [[Links](#)]

FLACHOWSKY, G.; BAR, M.; SABINE, Z.; TIROKE, K. Cell wall content and rumen dry matter disappearance of irradiated wood by products. **Biological Wastes**, v.34, p.181-189, 1990. [[Links](#)]

HAN, Y.W.; CATALANO, E.A.; CIEGLER, A. Chemical and physical properties of sugarcane bagasse irradiated with rays. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.31, p.34-38, 1983. [[Links](#)]

HENNING, P.A.; LINDER, Y. van der; MATHEYSE, M.E.; NAUHAUS, W.K.; SCHWARTZ, H.M. Factors affecting the nitrate and digestion of roughage by sheep fed maize straw supplemented with maize grain. **Journal of Agricultural Science**, v.94, p.565-573, 1980. [[Links](#)]

KRISHNAMURTI, C.R.; KITTS, W.D. Potential for use of lignocellulose materials in feeding ruminants in temperate regions. In: INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. **Nuclear techniques for assessing and improving ruminant feed**. Vienna, 1983. p.137-156. [[Links](#)]

LEONHARDT, J.W.; HENNING, A.; NEHRING, K.; BAR, M.; FLACHOWSKY, G.; WOLF, I. Gamma and electron radiation effects on agricultural by-products with high fibre content. In: INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. **Nuclear techniques for assessing and improving ruminant feed**. Vienna, 1983. p.195-202.

[[Links](#)]

McLAREN, K.G. Degradation of cellulose in irradiated wood and purified celluloses. **International Journal of Applied Radiation and Isotopes**, v.29, p.631-635, 1978. [[Links](#)]

McMANN, W.R.; MANTA, L.; McFARLANE, J.D.; GRAY, A.G. The effect of diet supplements of gamma irradiation on dissimilation of low quality roughages by ruminants. III. Effects of feeding gamma irradiation base diet of wheaten straw and rice straw to sheep. **Journal of Agricultural Science**, v.79, p.55-72, 1972. [[Links](#)]

MORAL, A.C.M. Bagaço de cana de açúcar tratado com vapor na alimentação de bovinos e bubalinos. **Comunicações Científicas da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo**, v.9, n.2, p.151-160, 1985. [[Links](#)]

ORSKOV, E.R.; Mc DONALD, I. The estimation of protein degradability the rumen from incubation measurements weighed according to rate of passage. **Journal of Agricultural Science**, v.92, p.499-503, 1979. [[Links](#)]

PEREIRA, J.C.; QUEIROZ, A.C.; MATTOSO, J.; CASTRO, A.C.G.; OLIVEIRA, D.J. Efeito do tratamento da palha de milho e do bagaço da cana, com uréia, amônia anidra, sobre o consumo e ganho de peso de novilhos. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v.19, n.6, p.469-475, 1990. [[Links](#)]

SMITH, D.M.; MIXER, R.Y. The effects of lignin on the degradation of wood by gamma irradiation. **Radiation Research**, v.11, p.776-780, 1959. [[Links](#)]

SMITH, G.S.; KIESLING, H.E.; GALYEAN, M.L.; BADER, J.R. Irradiation enhancements of biomass conversion. **Radiation Physics and Chemistry**, v.25, n.1/3, p.27-33, 1985. [[Links](#)]

VITTI, D.M.S.S. Tratamento a pressão de vapor do bagaço de cana de açúcar. **Energia Nuclear e Agricultura**, v.6, n.2, p.120-133, 1984. [[Links](#)]

VITTI, D.M.S.S.; ABDALLA, A.L.; LOBÃO, A.O.; SILVA FILHO, J.C. Tratamento químico, físico e biológico do bagaço de cana-de-açúcar. **Comunicações Científicas da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo**, v.9, n.2, p.139-142, 1985. [[Links](#)]

Recebido para publicação em 27.02.97

Aceito para publicação em 03.03.98

¹Financiado pela FAPESP - Proc. 92/5027-7

All the contents of this site www.scielo.br, except where otherwise noted, is licensed under a Creative Commons Attribution License.

USP/ESALQ - Scientia Agricola
Av. Pádua Dias, 11
13418-900 Piracicaba SP Brazil
Tel.: +55 19 3429-4401 / 3429-4486
Fax: +55 19 3429-4401



scientia@usp.br