

EFEITO DA COMPACTAÇÃO, TEOR DE MATÉRIA SECA E INTENSIDADE DE HIDRÓLISE NA CONSERVAÇÃO DO BAGAÇO DE CANA AUTO-HIDROLISADO⁽¹⁾

FERNANDO BASILE DE CASTRO⁽²⁾ e PAULO FERNANDO MACHADO⁽³⁾

RESUMO: O armazenamento do bagaço de cana auto-hidrolisado (BAH) em silos experimentais foi avaliado através do efeito da intensidade de compactação (500 e 600kg/m³), teor de matéria seca (35 e 45%), intensidade de hidrólise no BAH a ser armazenado (13 e 19kgf/cm² por 6 minutos) e tempo de armazenamento (0, 4, 8 e 17 semanas). As amostras foram analisadas através de matéria seca determinada em estufa e por destilação por tolueno, fibra em detergente neutro (FDN), extrato etéreo, pH, nitrogênio amoniacal, digestibilidade *in vitro* (DIV) e degradabilidade *in situ* (DIS). A compactação e teor de matéria seca não influenciaram o processo de conservação do BAH. Contudo, o tempo de armazenamento causou aumento no teor de FDN e diminuição de DIV, indicando degradação da fração solúvel (pentoses). A constância da DIS durante o período de armazenamento indicou não haver degradação microbiana significativa da fração fibrosa do BAH.

Termos para indexação: bagaço de cana, auto-hidrólise, conservação.

Effects of consolidation, dry matter and hidrolisis on the conservation of steam and pressure sugarcane bagasse

SUMMARY: The conservation of auto-hydrolysed sugarcane bagasse (AHB) in small tower silos was evaluated by the effect of consolidation (500 and 600kg/m³), dry matter content (35 and 45%), hidrolisis intensity (13 and 19kgf/cm² during 6 minutes) and storage period (0, 4, 8 and 17 weeks). Treatments were evaluated by dry matter (oven and toluene distillation), neutral detergent fibre (NDF), ether extract (EE), pH, ammonia nitrogen, *in vitro* digestibility (IVD) and *in situ* degradability (ISD) analysis. The consolidation and dry matter content had no influence on the AHB conservation. The increase on NDF content and decrease on IVD indicated biodegradation of the soluble fraction (pentoses) during the storage period. The stability of ISD data during the storage period showed that fibre fraction was not significantly hydrolysed by the microorganisms.

Index terms: sugarcane bagasse, auto-hidrolisis, conservation.

(1) Trabalho financiado pela Usina São Martinho S.A./Açúcar e Alcool. Recebido para publicação em agosto de 1991.
(2) Seção de Criação e Manejo de Gado Leiteiro, Divisão de Zootecnia de Bovinos de Leite.
(3) Docente do Departamento de Zoologia da ESALQ/USP, Piracicaba, SP.

INTRODUÇÃO

O bagaço de cana-de-açúcar auto-hidrolisado (BAH) vem sendo utilizado na alimentação animal nas formas fresca e armazenada em silos. Contudo, escassa informação científica é encontrada na literatura a respeito do armazenamento deste alimento. Dada à produção sazonal do BAH, o conhecimento de técnicas para sua conservação vem de encontro às necessidades de uso em outras épocas do ano.

Dentre os efeitos do processo de auto-hidrólise, destacam-se como mais importantes sob o ponto de vista nutricional: 1- hidrólise das ligações ligno-hemicelulósicas, que aumenta a biodisponibilidade da matrix celulósica, seja por ataque microbiano (DONEFER, 1982; CASTRO & MACHADO, 1989), ou por enzimas livres (FAN et al., 1981; DEKKER & WALLIS, 1983; BROWNELL & SADDLER, 1986); e 2- aumento da área disponível à atividade enzimática, devido à expansão da microestrutura celular durante a auto-hidrólise (GRETHLEIN et al., 1984; GROUS et al., 1986; WONG et al., 1988; TOUSSAINT et al., 1991).

O processo de secagem ao ar livre (MORJANOFF & GRAY, 1987) ou em estufa (WILKIE, 1979; MORJANOFF & GRAY, 1987) afeta a microestrutura celular, promovendo o colapso dos poros originalmente criados pela auto-hidrólise. Como resultado, a biodisponibilidade da fibra hidrolisada fica prejudicada após secagem (GROUS et al., 1986). Sendo assim, a fenação não seria um método indicado para conservação do bagaço auto-hidrolisado.

Pela composição químico-bromatológica do BAH (DONEFER, 1982; MARCOS et al., 1984; MELLO JR., 1987; CASTRO, 1989), presença de agentes anti-microbianos (FORSBERG et al., 1986; MORJANOFF & GRAY, 1987) e pelo tipo de atividade microbiana encontrada no processo fermentativo de forrageiras ensiladas (MACDONALD, 1981), haveria possibilidade de armazenar o BAH fresco em condições de silo.

Devido ao seu baixo pH (CASTRO, 1989) e teor de proteínas, da qual maior parte está associada à parede celular (VAN SOEST, 1982), esperar-se-ia baixa atividade láctica (MACDONALD, 1981) e butírica (Pelczar & Reid (1972) citado por MACDONALD, 1981), em condições anaeróbias. Devido à presença de derivativos de hemicelulose e lignina no BAH (FORSBERG et al., 1986; MORJANOFF & GRAY, 1987), o crescimento de leveduras deve ser limitado. BARRY et al. (1980) observaram maiores contagens e espécies de fungos em silagens tratadas com formaldeído em relação àquelas sem aditivos. A baixa atividade microbiana (bactérias e leveduras) esperada

no BAH ensilado limitaria a instalação de anaerobiose no silo e diminuiria a competição entre diferentes microorganismos, favorecendo o crescimento de fungos aeróbios. Tais fungos são capazes de degradar a fração de carboidratos solúveis, holocelulose e lignina (ERIKSSON et al., 1980), podendo também produzir micotoxinas perigosas aos animais (COLE et al., 1977; Pelhate (1977) citado por MACDONALD, 1981).

Assim, as variáveis relacionadas com o grau de anaerobiose no silo (teor de umidade, intensidade de compactação, textura do material, etc) poderiam interferir no crescimento destes fungos.

O objetivo deste trabalho é avaliar o efeito do teor de matéria seca, grau de compactação, intensidade de hidrólise e tempo de armazenamento na composição químico-bromatológica e degradabilidade do BAH.

MATERIAL E MÉTODOS

A conservação do BAH foi efetuada em tubos de PVC rígido de 15,2cm de diâmetro e 105,0cm de altura, com capacidade de conter 5kg de BAH.

Foram avaliados os efeitos de intensidade de compactação (densidade): 0,5 e 0,6; teor de matéria seca: 35% e 45%; intensidade de hidrólise do bagaço a ser armazenado (diferentes pressões): 13kgf/cm² e 19kgf/cm², ambas durante 6 minutos; e tempos de armazenamento: 0 (testemunha), 4, 8 e 17 semanas.

O delineamento estatístico utilizado foi o split-plot no tempo, sendo avaliados os efeitos de nível de compactação (2), teor de matéria seca (2), intensidade de hidrólise (2) e tempo de armazenamento (4), tendo cada tratamento três repetições. Os resultados foram estatisticamente analisados pelo SAS (1986), inicialmente através da análise de variância e as comparações entre as médias através do teste de Tukey.

As amostras foram analisadas através de: matéria seca pelo método de destilação por tolueno (MST) (ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS, 1965); matéria seca em estufa a 105°C (MSE); fibra em detergente neutro (FDN) (GOERING & VAN SOEST, 1970); extrato etéreo com éter etílico como solvente (EE) (ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS, 1965); nitrogênio amoniacal (N-NH₃) (CHANEY & MARBACH, 1962); digestibilidade *in vitro* em 48h de fermentação (TILLEY & TERRY, 1963) com segundo estágio segundo GOERING & VAN SOEST (1970) (DIV); degradabilidade *in situ* em 48h de incubação (DIS) (MEHREZ & ORSKOV, 1977) modificado por CASTRO (1989) e pH. Analisou-se também fibra em detergente ácido, FDA; celulose (CEL); hemicelulose

(HEM) e lignina (LIG) (GOERING & VAN SOEST, 1970), nas amostras antes do armazenamento.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

No quadro 1 observa-se a composição químico-bromatológica e degradabilidade do BAH antes do armazenamento.

A intensidade de hidrólise afetou todas as variáveis analisadas, indicando a obtenção de substratos diferentes (quadro 2). Para densidade, observou-se efeito nas variáveis MSE e FDN e para teor de MS apenas foi detectada significância nas variáveis MST e MSE. Tempo de armazenamento teve efeito significativo em todas variáveis, exceto DIV. Algumas interações significativas foram também observadas (quadro 2).

Quadro 1. Composição químico-bromatológica e degradabilidade do bagaço auto-hidrolisado não armazenado

| Hidrólise | FDN | FDA | CEL | HEM | LIG | EE | pH | DIV | DIS |
|---------------------|-----------|-------|-------|------|------|------|------|-------|-------|
| kgf/cm ² | (% na MS) | | | | | | % | | |
| 13 | 56,86 | 52,20 | 42,09 | 4,66 | 8,65 | 4,08 | 3,08 | 57,15 | 65,67 |
| 19 | 57,24 | 54,38 | 45,59 | 2,86 | 7,60 | 5,38 | 2,70 | 60,95 | 74,63 |

Quadro 2. Significância da intensidade de hidrólise, compactação, teor de matéria seca e tempo de armazenamento

| Fonte de Variação | Variável | | | | | | |
|-------------------|----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | MSE | MST | FDN | EE | DIV | DIS | pH |
| Hidrólise | 0,0001 | 0,0001 | 0,0315 | 0,0001 | 0,0001 | 0,0001 | 0,0001 |
| Densidade | 0,0197 | 0,4323 | 0,0003 | 0,4949 | 0,9211 | 0,8849 | 0,9999 |
| Teor de MS | 0,0001 | 0,0001 | 0,0551 | 0,5220 | 0,9882 | 0,8244 | 0,0895 |
| Tempo | 0,0353 | 0,0001 | 0,0001 | 0,0001 | 0,0001 | 0,0701 | 0,0002 |
| Hidr*Den | 0,8908 | 0,0059 | 0,3448 | 0,2708 | 0,0615 | 0,2093 | 0,2821 |
| Hidr*MS | 0,1854 | 0,8649 | 0,1548 | 0,6753 | 0,2252 | 0,0434 | 0,8282 |
| Hidr*Tem | 0,1242 | 0,1428 | 0,1044 | 0,0001 | 0,1265 | 0,0759 | 0,3260 |
| Den*MS | 0,7721 | 0,6542 | 0,4619 | 0,3573 | 0,3109 | 0,3601 | 0,0895 |
| Den*Tem | 0,7071 | 0,0485 | 0,0101 | 0,0001 | 0,2712 | 0,0645 | 0,1882 |
| MS*Tem | 0,6828 | 0,8773 | 0,9553 | 0,7575 | 0,7004 | 0,6324 | 0,0343 |

Todas as análises de N-NH₃ resultaram em valores nulos, os quais demonstram não existência de atividade proteolítica neste substrato.

Observa-se no quadro 3, que independentemente dos efeitos detectados no teor de matéria seca, os valores obtidos de MST são invariavelmente superiores aos de MSE ($\pm 13\%$). A diferença observada entre ambos seria função da presença de compostos voláteis, como: furfural, hidroxi-metilfurfural e ácido acético (MORJANOFF & GRAY, 1987).

Continuando no quadro 3, verifica-se que a adição de água não proporcionou o abaixamento do teor de MSE para 35% conforme pré-determinado, mas sim 39,82%. A maior compactação do BAH promoveu ligeira elevação na MSE, talvez ocasionada por produção de efluente. Os dados de MST não confirmaram esta observação (quadro 2). Observou-se pequena variação na MSE no tempo, contudo ocorreu significativa variação da MST. Os valores foram crescentes até 8 semanas, diminuindo posteriormente (quadro 3).

Quadro 3. Efeito do armazenamento do bagaço auto-hidrolisado na matéria seca determinada em estufa e por destilação por tolueno

| | Hidrólise (kgf/cm ²) | | | | | |
|-----------|----------------------------------|---------|---------|--------|--------|------|
| | 13 | 19 | dms | | | |
| MSE (%) | 43,41a* | 40,65b | 0,21 | | | |
| MST (%) | 48,54a | 46,75b | 0,35 | | | |
| | Densidade | | | | | |
| | 0,50 | 0,60 | dms | | | |
| MSE (%) | 41,89b | 42,16a | 0,22 | | | |
| | MS (%) | | | | | |
| | 35 | 45 | dms | | | |
| MSE (%) | 39,82b | 44,23a | 0,22 | | | |
| MST (%) | 45,71b | 49,58a | 0,27 | | | |
| | Tempo (semanas) | | | | | |
| | 0 | 4 | 8 | 17 | dms | |
| MSE | 42,12ab | 42,08ab | 41,82b | 42,17a | 0,32 | |
| Densidade | 0,50 | 45,64c | 46,21c | 49,35a | 47,05b | 0,73 |
| | 0,60 | 45,84d | 47,04bc | 48,60a | 47,61b | 0,78 |

* Médias seguidas de mesma letra não diferiram entre si pelo teste de Tukey (P < 0,05)

Observaram-se teores crescentes de FDN (quadro 4 e figura 1) no tempo de armazenamento (P < 0,05),

indicando degradação da fração solúvel (pentoses). Segundo AGOSIN et al. (1987) fungos aeróbios, embora capazes de degradar parede celular, têm preferência por carboidratos solúveis como substrato.

Embora estatisticamente diferentes, os teores de FDN no decorrer do tempo são próximos em termos absolutos, indicando um lento processo de degradação.

Quadro 4. Efeito do armazenamento do bagaço auto-hidrolisado no teor de fibra em detergente neutro, extrato etéreo e pH

| | Hidrólise (kgf/cm ²) | | | dms |
|---------|----------------------------------|--------|--|------|
| | 13 | 19 | | |
| FDN (%) | 58,69a* | 58,26a | | 0,59 |
| EE (%) | 4,15b | 5,47a | | 0,93 |
| pH | 3,25a | 2,84b | | 0,10 |

| | MS (%) | | | dms |
|---------|--------|--------|--|------|
| | 35 | 45 | | |
| FDN (%) | 58,67a | 58,29a | | 0,59 |

| | Tempo (semanas) | | | | dms |
|---------|-----------------|---------|---------|--------|------|
| | 0 | 4 | 8 | 17 | |
| FDN (%) | 57,05c | 57,78bc | 58,41ab | 59,23a | 0,95 |
| EE (%) | 4,73ab | 4,89ab | 5,30a | 4,24b | 0,81 |
| pH | 2,89a | 2,91a | 3,11a | 3,11a | 0,25 |

* Médias seguidas de mesma letra não diferiram entre si pelo teste de Tukey (P < 0,05)

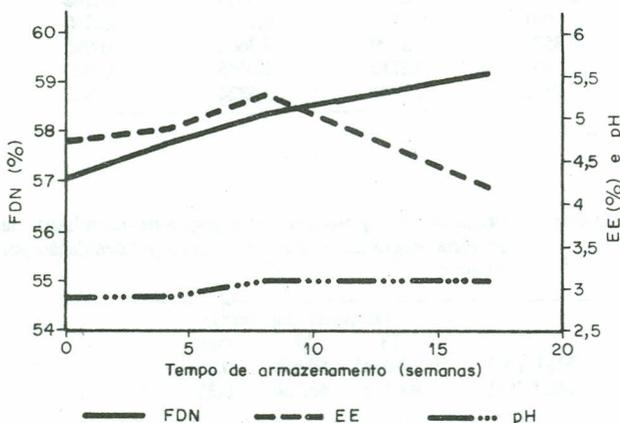


Figura 1. Efeito do tempo de armazenamento na composição química do BAH.

No quadro 4 e na figura 1 observam-se os efeitos de intensidade de hidrólise e tempo de armazenamento no teor de EE e pH. Como esperado, a hidrólise mais intensa determinou maior teor de EE e menor pH no BAH. Segundo CASTRO (1989), maior teor de EE é também acompanhado por maior teor de furfural. Vários autores comprovaram o efeito anti-microbiano dos compostos fenólicos (HARTLEY, 1972), furfural, hidroxi-metilfurfural e ácido acético (FORSBERG et al., 1986; MORJANOFF & GRAY, 1987). Assim, sugere-se que BAH com maior teor destes compostos

(hidrólise mais intensa), seja mais facilmente armazenado. Contudo, os dados de DIV (quadro 2) se indicam interação significativa ao nível de 12,65% de probabilidade, entre tempo de armazenamento e intensidade de hidrólise, para a variável EE. Porém analisando-se a figura 2, verifica-se que o efeito negativo do tempo de armazenamento na DIV foi maior para BAH tratado a 13kgf/cm².

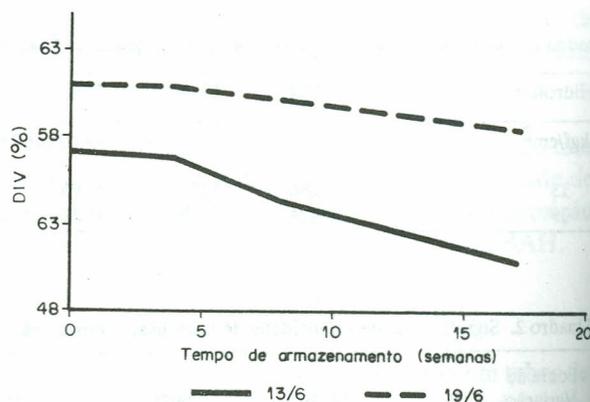


Figura 2. Efeito do tempo de armazenamento na digestibilidade *in vitro* do BAH.

Detectou-se efeito significativo de intensidade de auto-hidrólise e tempo de armazenamento para a variável DIV (quadro 5 e figura 3). Observou-se queda de DIV no decorrer do armazenamento, o que poderia ter sido causado pelo maior teor de FDN (figura 1), menor degradabilidade da fração FDN ou ambos fatores. Contudo, os dados de degradabilidade *in situ* em 48h de incubação (quadro 5 e figura 3) não mostraram diferença significativa entre distintos tempos de armazenamento. Isto indica que a queda de DIV foi causada pela menor disponibilidade de carboidratos solúveis.

Quadro 5. Efeito do armazenamento do bagaço auto-hidrolisado na digestibilidade *in vitro* e degradabilidade *in situ*

| | Hidrólise (kgf/cm ²) | | | dms |
|---------|----------------------------------|--------|--|------|
| | 13 | 19 | | |
| DIV (%) | 54,00b* | 59,90a | | 1,45 |
| DIS (%) | 67,06b | 76,20a | | 2,79 |

| | Tempo (semanas) | | | | dms |
|---------|-----------------|---------|--------|--------|------|
| | 0 | 4 | 8 | 17 | |
| DIV (%) | 59,05a | 58,84ab | 57,28b | 54,73c | 1,75 |
| DIS (%) | 70,15a | 70,31a | 71,60a | 72,70a | 4,28 |

* Médias seguidas de mesma letra não diferiram entre si pelo teste de Tukey (P < 0,05)

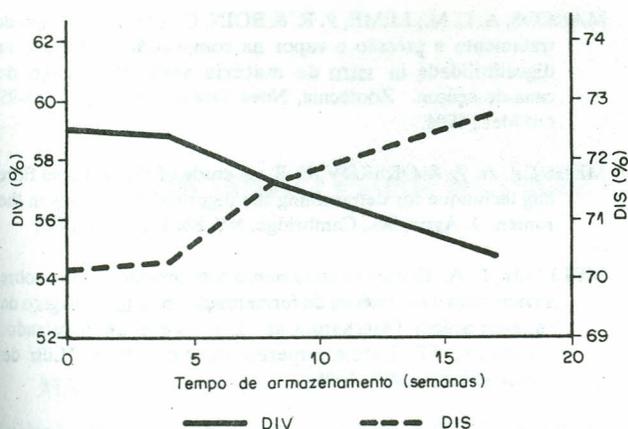


Figura 3. Efeito do tempo de armazenamento na DIV e DIS do BAH.

O ataque à parede celular por fungos aeróbios causa elevação na sua degradabilidade ruminal (KAMRA & ZADRAZIL, 1988). Assim, a constância de degradabilidade ruminal do BAH durante o armazenamento (quadro 5), indica que o ataque de fungos aeróbios limitou-se à fração solúvel.

CONCLUSÕES

1. O grau de compactação e teor de matéria seca dos BAH utilizados neste experimento não tiveram influência no processo de conservação, significando que o nível de aerobiose da massa ensilada não afetou sua fermentação.

2. A auto-hidrólise mais intensa (19kgf/cm^2) resultou em maior teor de extrato etéreo e menor pH, significando maiores teores de compostos tóxicos (monômeros fenólicos, furfural, hidroxi-metilfurfural, ácido acético, etc.).

3. A degradabilidade *in situ* do bagaço auto-hidrolisado não foi prejudicada durante o armazenamento, indicando não ter havido ataque microbiano nesta fração.

4. O teor de fibra em detergente neutro do bagaço auto-hidrolisado aumentou durante o armazenamento, indicando degradação da fração solúvel (principalmente pentoses). Embora estatisticamente significativa, esta variação foi pequena em valores absolutos (57,05% e 59,23%, 0 e 17 semanas, respectivamente), significando baixa taxa de crescimento de microorganismos.

5. A digestibilidade *in vitro* do bagaço auto-hidrolisado diminuiu com o armazenamento, o

que é explicado pela diminuição no teor de compostos solúveis. Esta diminuição foi mais acentuada para o bagaço hidrolisado à 13kgf/cm^2 em relação a 19kgf/cm^2 . Contudo, esta tendência não foi detectada nas análises de FDN.

6. Pelos resultados obtidos conclui-se que o bagaço auto-hidrolisado pode ser conservado em condições de silo até 17 semanas sem haver perda significativa em seu valor nutritivo.

7. Ensaios complementares são recomendados para avaliar perda de matéria seca e ingestão voluntária do bagaço auto-hidrolisado armazenado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGOSIN, E.; TOLLIER, M. T.; HECKMANN, E.; BRILLOUET, J. M.; THIVEND, P.; MONTIES, B. & ODIER, E. Effect of fungal treatment of lignocellulosics on biodegradability. In: VAN DER MERR, J. M.; RIJKENS, B. A.; FERRANTI, M. P. Ed. Degradation of lignocellulosics in ruminants and in industrial processes. ed. J. M. Van Der Meer; B. A. Rijkens; M. P. Ferranti. Barking, Essex, 1987. 120p.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS (A.O.A.C.). Official methods of analysis. 10 ed. Washington, 1965. 957p.
- BARRY, T. N.; DI MENNA, M. E.; WEBE, P. R. & PARLE, J. N. Some observations on aerobic deterioration in untreated silages and in silages made with formaldehyde-containing additives. J. Sci. Food Agric., London, 31(2):133-46, 1980.
- BROWNELL, H. H. & SADDLER, J. N. Steam pretreatment of lignocellulosic material for enhanced enzymatic hydrolysis. Biotech. Bioeng., New York, NY, 29:228-35, 1986.
- CASTRO, F. B. Avaliação do processo de digestão do bagaço de cana-de-açúcar (*Saccharum* sp. L) auto-hidrolisado para bovinos. Tese de Mestrado. Piracicaba, SP, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP, 1989. 123f.
- _____ & MACHADO, P. F. Avaliação do processo de digestão do bagaço de cana-de-açúcar tratado sob pressão e vapor. B. Indústria. Anim., Nova Odessa, SP, 42(2):213-7, 1989.
- CHANEY, A. L. & MARBACH, E. P. Modified reagents for determination of urea and ammonia. J. Clin. Chem., London, 8:130-2, 1962.
- COLE, R. J.; KIRKSEY, J. W.; DORNER, J. W.; WILSON, D. M.; JOHNSON Jr., J. C.; JOHNSON, A. N.; BEDELL, D. M.; SPRINGER, J. P.; CHEXAL, K. K.; CLARDY, J. C. & COX, R. H. Mycotoxins produced by *Aspergillus Fumigatus* species isolated from molded silage. J. Agric. Food Chem., London, 25(4):826-32, 1977.
- DEKKER, R. F. H. & WALLIS, A. F. A. Enzymic saccharification of sugarcane bagasse pretreated by autohydrolysis-steam explosion. Biotech. Bioeng., New York, NY, 25:3027-48, 1983.
- DONEFER, E. Standartization of analytical methods for evaluating the nutritive value of by-products. In: BY-PRODUCTS UTILIZATION FOR ANIMAL PRODUCTION. Nairobi, 1982. PROCEEDINGS. Ottawa, Int. Devel. Res. Centre., 1982. p. 128-37.

- ERIKSSON, K. E.; GRUNEWALD, A.; VALLANDER, L. Studies of growth conditions in wood for three white-rot fungi and their cellulaseless mutant. *Biotech. Bioeng.*, New York, NY, 22:363-76, 1980.
- FAN, L. F.; GHARPURAY, M. M. & LEE, Y. H. Evaluation of pretreatments for enzymatic conversion of agricultural residues. *Biotech. Bioeng. Symp.*, New York, NY, 11:29-45, 1981.
- FORSBERG, C. W.; SCHELLHORN, H. E.; GIBBINS, L. N.; MAINE, F. & MASON, E. The release of fermentable carbohydrate from peat by steam explosion and its use in the microbial production of solvents. *Biotech. Bioeng.*, New York, NY, 28:176-84, 1986.
- GOERING, H. K. & VAN SOEST, P. J. Forage fiber analyses (Apparatus, reagents, procedures and some applications). Washington, 1970. 19p. (*Agricultural Handbook*, 379).
- GRETHLEIN, H. E.; ALLEN, D. C. & CONVERSE, A. O. A comparative study of the enzymatic hydrolysis of acid-pretreated white pine and mixed hardwood. *Biotech. Bioeng.*, New York, NY, 26:1498-505, 1984.
- GROUS, W. R.; CONVERSE, A. O. & GRETHLEIN, H. E. Effect of steam explosion pretreatment on pore size and enzymatic hydrolysis of poplar. *Enzymol. Microb. Tech.*, Stoneham, 8(5):274-80, 1986.
- HARTLEY, R. D. p-Coumaric and ferulic acid components of cell walls of ryegrass and their relationships with lignin and digestibility. *J. Sci. Food Agric.*, New York, NY, 23:1347-54, 1972.
- KAMRA, D. N. & ZADRAZIL, F. Microbiological improvement of lignocellulosics in animal feed production - a review. In: ZADRAZIL, F. & REIGNER, P. ed. *Treatment of lignocellulosics with white rot fungi*. Barking, Essex, 1989. 122p.
- MACDONALD, P. *The biochemistry of silage*. Bath, John Wiley & Sons, 1981. 226p.
- MARCOS, A. C. M.; LEME, P. R. & BOIN, C. Efeito do tempo de tratamento a pressão e vapor na composição química e na digestibilidade *in vitro* da matéria seca do bagaço de cana-de-açúcar. *Zootecnia*, Nova Odessa, SP, 22(4):383-95, out./dez., 1984.
- MEHREZ, A. Z. & ORSKOV, E. R. A study of the artificial fibre bag technique for determining the digestibility of feeds in the rumen. *J. Agric. Sci.*, Cambridge, NY, 88(3):645-50, 1977.
- MELLO Jr., C. A. Efeitos do tratamento com pressão e vapor sobre a composição e a cinética da fermentação *in vitro* do bagaço de cana-de-açúcar (*Saccharum* sp. L.). Tese de Mestrado. Piracicaba, SP, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP, 1987. 100f.
- MORJANOFF, P. J. & GRAY, P. P. Optimization of steam explosion as a method for increasing susceptibility of sugarcane bagasse to enzymatic saccharification. *Biotech. Bioeng.*, New York, NY, 29:733-41, 1987.
- SAS, Institute, Inc. *SAS User's guide: statistics*. Cary, NC, 1986. s.n.p.
- TILLEY, J. M. A. & TERRY, R. A. A two-stage technique for the *in vitro* digestion of forage crops. *J. Brit. Grassld. Soc.*, Hurley, 18(2):104-11, 1963.
- TOUSSAINT, B.; EXCOFFIER, G.; VIGNON, M. R. Effect of steam explosion treatment on the physico-chemical characteristics and enzymic hydrolysis of poplar cell wall components. *Anim. Feed Sci. Tech.*, New York, NY, 32:235-42, 1991.
- VAN SOEST, P. J. *Nutritional ecology of the ruminant*. Corvallis, Oregon, Ed. O & B Books, Inc., 1982. 374p.
- WILKIE, K. C. B. The hemicelluloses of grasses and cereals. *Adv. Carb. Chem. Biochem.*, London, England, 36:215-64, 1979.
- WONG, K. Y.; DEVERELL, K. F.; MACKIE, K. L.; CLARK, T. A. & DONALDSON, L. A. The relationship between fiber porosity and cellulose digestibility in steam-exploded *Pinus radiata*. *Biotech. Bioeng.*, New York, NY, 31:447-56, 1988.