Valor nutritivo de plantas de milho (*Zea mays* L.) sem espigas

Geane Dias Gonçalves Ferreira^{1*}, Ives Barrière², Jean-Claude Emile², Clóves Cabreira Jobim³ e Bruno Lefève⁴

¹Universidade Federal Rural da Amazônia, Centro da Saúde e da Produção Animal, Av. Presidente Tancredo Neves, 2501, 66077-530, Bairro Montese, Belém, Pará Brasil. ²Unité de Génétique et d'Amélioration des Plantes Fourragères (INRA), Lusignan, França. ³Departamento de Zootecnia, Universidade Estadual de Maringá, Av. Colombo, 5790, 87020-900, Maringá, Paraná, Brasil. ⁴RAGT Semences, R2N, Site de Bourran, BP 3357, 12033 Rodez cedez 9, França. *Autor para correspondência. e-mail: ferreiragdg@yahoo.com.br

RESUMO. A composição químico-bromatológica e a digestibilidade *in vitro* de cinco genótipos de milho (F2, Lu16, F271, Lu5 e Lu6) foram avaliados em Druelle-France, em parcelas de 150 m² com duas repetições. O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso. Todas as avaliações do estudo foram realizadas em plantas inteiras sem espigas. O genótipo Lu16 foi o que apresentou os maiores valores para a digestibilidade da matéria seca (69,82%) e digestibilidade da parede celular (48,05%). O genótipo Lu6 apresentou o menor valor para a digestibilidade *in vitro* da matéria seca (50,38%). Os teores de digestibilidade da matéria seca e da parede celular foram estimados por método indireto e foram afetados negativamente pelos teores de lignina, ácido *p*-cumárico e de ácidos ferúlicos totais, que servem de pontes para ligações fortes ou fracas entre ligninas e hemiceluloses. Por meio de análises de regressão múltiplas, verificou-se que a fração fibra em detergente ácido e a lignina em detergente ácido explicaram 98% dos resultados referentes à digestibilidade *in vitro* da matéria seca e 96% dos resultados referentes à digestibilidade da parede celular estimada por equação. O ácido *p*-cumárico esterificado e a lignina em detergente ácido explicaram 99% dos resultados referentes à digestibilidade da parede celular.

Palavras-chave: ácido ferúlico, digestibilidade, lignina, *Zea mays* L., parede celular.

ABSTRACT. Nutritional value of corn plants (*Zea mays* L.) without ears. Chemical-bromatologic composition and *in vitro* digestibility of five corn genotypes (F2, Lu16, F271, Lu5 and Lu6) were evaluated in Druelle-France, an area of in 150 m² with two repetitions. All evaluations used whole corn plants without ears. A randomized experimental design was used. The Lu16 genotype showed higher values for *in vitro* dry matter digestibility (69.82%) and cell wall digestibility (48.05%). Lu6 genotype showed the lowest value for *in vitro* dry matter digestibility (50.38%). Dry matter and cell wall digestibility were estimated by an indirect method and they were negatively affected by lignin contents, *p*-coumaric acid and total ferulic acid, serving as strong or weak links between lignin and hemicelluloses. Using multiple regression analysis, results showed that acid detergent fiber and acid detergent lignin explained 98% of *in vitro* dry matter digestibility results and 96% of cell wall digestibility estimated for equation. Esterified *p*-coumaric acid and acid detergent lignin explained 99% of cell wall digestibility results.

Key words: ferulic acid, digestibility, lignin, *Zea mays* L., cell wall.

Introdução

O conhecimento da participação percentual dos constituintes químicos da fração colmo-folhas de variedades de *Zea mays* L. destinadas para a produção de silagem dá condição para obtenção de plantas de melhor qualidade e, conseqüentemente, silagens que proporcionem melhor desempenho animal. Van Soest (1994) descreve a importância de se conhecer a qualidade das forrageiras destinadas à alimentação de ruminantes, com destaque na composição da parede

celular e na digestibilidade. Neste contexto, a fração verde da planta de milho (caule e folhas) determina em grande parte a qualidade nutritiva da silagem. Assim sendo, o uso de genótipos de milho com colmos de melhor digestibilidade proporcionarão melhor produção de leite e/ou carne, com menor quantidade de concentrado na ração.

As variedades de milho são caracterizadas por apresentar baixos teores em proteína bruta (PB). Normalmente, o teor de PB da silagem de milho, planta inteira, varia de 6% a 9%, com média ao redor

de 7% a 7,5%. No entanto, os teores de carboidratos solúveis na planta de milho são importantes para produção de silagem por serem fontes de substratos para a fermentação anaeróbia que resulta na produção de ácidos orgânicos, principalmente ácido láctico. Entretanto, o avanço no estágio de maturação resulta na redução de carboidratos solúveis, acompanhado com o aumento nos teores de fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) e lignina (Flachowsky *et al.*, 1993).

O grau de lignificação da parede celular constitui um fator limitante na digestibilidade das forragens (Baucher *et al.*, 1998; Boudet, 2000). Entretanto, de acordo com Jung (1989); Morrison *et al.* (1998); Deschamps (1999) e Barrière e Emile (2000), somente o conteúdo de lignina não é uma boa referência para justificar os valores referentes à digestibilidade. Pois, outros fatores, além do teor em lignina, influenciam negativamente a digestibilidade e/ou podem ser os responsáveis por boa parte das limitações observadas na digestão das forragens. Desta forma, a concentração dos seus precursores e, principalmente, a ligação da lignina com os demais componentes da parede celular podem desempenhar papel mais importante.

Os ácidos fenólicos, principalmente *p*-cumárico e ferúlico, estão diretamente envolvidos na associação da lignina com as hemiceluloses da parede celular. As principais formas de interação molecular estão bem estabelecidas e envolvem ligações éster e éter com os carboidratos e unidades condensadas da lignina (Jung e Deetz, 1993). Alguns testes histológicos têm demonstrado que tecidos contendo lignina são pouco ou não degradados pelos microrganismos do rúmen (Akin, 1988). Entretanto, adicionalmente, alguns tecidos não lignificados apresentam baixa digestão ruminal. Este fato pode ser justificado pela ligação destes tecidos com moléculas de baixo peso molecular.

Argillier *et al.* (1996) registraram diferenças nos teores de digestibilidade entre híbridos de milho, mas, não registraram diferenças nos teores de lignina. Segundo os autores, estes resultados são justificados através das diferenças encontradas na composição monomérica da lignina e suas ligações éster e éter entre os ácidos hidroxinâmicos com a hemicelulose. Da mesma forma, Mechin (2000), trabalhando com diferentes linhagens de milho, observou que alguns genótipos apresentaram semelhança entre os teores de lignina, porém, com diferenças nos teores de digestibilidade. Desta forma, este trabalho teve como objetivo avaliar a qualidade de cinco genótipos de plantas de milho livres de espigas, por meio da composição química e

da digestibilidade *in vitro*.

Material e métodos

Cinco genótipos de milho (F2, Lu16, F271, Lu5 e Lu6) foram semeados no município de Druelle-France (15°C leste e 45,26°C norte), em parcelas de 150 m². Adotou-se espaçamento de 0,75 m entre linhas e densidade de 95.000 plantas/ha. A semeadura ocorreu em maio e a colheita em setembro de 2002, após 152 dias da semeadura.

Para o estudo da composição químico-bromatológica dos genótipos foi feita a coleta de 10 plantas por parcela. Após a coleta, as plantas foram compostas por parcela e realizada a retirada de todas as espigas. As plantas (caule + folhas) foram pré-moídas, identificadas e secas em estufa a 60°C por 72 horas e, em seguida, moídas em moinho com peneira com crivo de 1 mm para posteriores análises químicas.

As análises químicas foram feitas no INRA (Unité de Génétique et d'Amélioration des Plantes Fourragères, Lusignan-France). Determinaram-se os teores de proteína bruta (PB) e carboidratos solúveis, conforme AOAC (1990); fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), lignina em detergente ácido (LDA), conforme Goering e Van Soest (1970) e lignina klason (LK), conforme Effland (1977). Os conteúdos de ácidos ferúlico e *p*-cumárico foram obtidos após o tratamento da FDN com soda conforme Morrison *et al.* (1993). Este método preconiza a realização de dois tratamentos alcalinos em dosagens diferenciadas. O ácido cumárico esterificado foi dosado por meio da incubação de amostras da FDN em uma hidrólise alcalina suave (NaOH, 2N), em temperatura ambiente durante 20 horas sob agitação mecânica. O ácido ferúlico total foi dosado por meio da incubação de amostras da FDN em hidrólise alcalina severa (NaOH, 4N) e submetido a uma temperatura de 170°C durante duas horas. Ambas as amostras que foram submetidas à hidrólise suave e severa receberam o mesmo tratamento. Foi adicionado um padrão interno (ácido *p*-anisíaco) antes da primeira centrifugação (380 x g durante 10 minutos). O pH do sobrenadante das amostras foi ajustado para 2, com a utilização de ácido clorídrico 3N para as amostras que foram submetidas à hidrólise suave e ácido clorídrico a 6N para as amostras que foram submetidas à hidrólise severa. Todas as amostras foram então, colocadas no refrigerador à temperatura de 4°C e, em seguida, submetidas a uma segunda centrifugação, a fim de eliminar os polímeros insolúveis (hemicelulose e os complexos de polissacarídeos-ligninas) após as acidificações. O sobrenadante foi extraído com a introdução de acetato de etila e adicionado sulfato de sódio (Na₂SO₄), a fim de eliminar a umidade do

material e o solvente foi então evaporado, sob pressão redutora a 45°C. O resíduo contendo os ácidos hidroxicinâmicos foi recuperado com a adição de 2,2 mL de metanol antes das análises em cromatografia líquida de alta precisão (HPLC), como descrito por Chabbert *et al.* (1994).

A digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) das amostras foi determinada por meio de solubilidade enzimática, segundo Ronsin (1990), que compreende uma sucessão de ação de enzimas digestivas. O primeiro ataque enzimático é feito com o uso de pepsinas em meio ácido e, após, é realizado um segundo ataque digestivo com o uso de uma mistura de celulasas e hemicelulasas. A diferença entre a quantidade de MS nas amostras e a quantidade de MS residual após os tratamentos enzimáticos, constitui a quantidade de MS digerida.

Também foi estimada a digestibilidade da parede celular (DINAGP), por meio de equação matemática obtida a partir da dosagem dos diferentes constituintes químicos da forragem pelo método NIRS. A partir da determinação dos constituintes químicos a digestibilidade é determinada descontando-se da DIVMS as quantidades de amido, carboidratos solúveis e proteínas existente nas amostras (DINAGP = $100 \times (\text{DIVMS} - \text{amido} - \text{carboidrato solúvel} - \text{proteínas}) / (100 - \text{amido} - \text{carboidratos solúvel} - \text{proteínas})$) (Argillier e Barrière, 1996).

Além da DINAGP, foi determinada também a digestibilidade *in vitro* da parede celular (DIVPC) através de método indireto desenvolvido por Argillier *et al.* (1998), no qual se coloca em hipótese que a fração não FDN é completamente digerida e a equação (DIVPC = $100 \times (\text{DIVMS} - (100 - \text{NDF})) / \text{NDF}$) é com base nos teores de FDN e na DIVMS.

Seria importante salientar que estes dois métodos (DINAGP e DIVPC) utilizados para se determinar a DPC apresentam algumas falhas, como exemplo, o fato que nem toda proteína e amido são digeridos no rúmen e intestinos.

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizado, segundo o modelo matemático:

$$Y_{ij} = \mu + G_i + B_j + e_{ij}$$

No qual:

Y_{ij} = Observação da variedade genética i e referente ao efeito do bloco j ;

μ = Média geral;

G_i = efeito do genótipo i , sendo $i = 1, 2, 3, 4$ e 5 ;

B_j = efeito do bloco j , sendo $j = 1$ e 2 ;

e_{ij} = erro experimental, associado a cada observação.

Resultados e discussão

O efeito do genótipo explicou significativamente ($P < 0,05$) a maior parte das características químicas e de digestibilidade avaliadas entre os cinco genótipos de milho estudados (Tabela 1). O valor médio para o teor de proteína bruta (PB) encontrado neste experimento (8,28%) para os genótipos avaliados, é muito superior (3,58 a 3,86% PB) aos valores registrados por Zeoula *et al.* (2003), trabalhando apenas com colmo mais bainhas de cinco híbridos de milho em diferentes estádios de desenvolvimento (25 a 40% MS). Essas diferenças podem ser justificadas pelos dados de literatura, que demonstram que as folhas da planta contribuem de forma significativa para o teor de proteína da silagem. Segundo Barrière *et al.* (2003), as plantas de milho são caracterizadas pelo alto teor em energia (principalmente amido) e baixo teor em PB, os quais podem ser influenciados por fatores agrônômicos (fertilizações insuficientes e/ou mal utilizadas) e genéticos. Os resultados revelaram que não houve variabilidade genética significativa para a variável PB entre os genótipos estudados.

Os valores médios dos carboidratos solúveis encontrados nas plantas (colmo + folhas) dos diferentes genótipos estudados apresentaram alto CV (20,09) com valores máximos e mínimos de 17,95% e 3,72%, respectivamente, para os genótipos F2 e Lu6 (Tabela 1). A diferença percentual relativa entre os genótipos F2 (maior média) e Lu6 (menor média) foi de 14,23%, o que pode determinar pior qualidade de fermentação no silo para o genótipo Lu6.

Os maiores valores de FDN e de FDA foram observados para a linhagem Lu6, com teores de 70,94% e 38,08%, respectivamente. Esse pode ser o principal fator responsável pelo baixo teor de CS desse genótipo, já que pelos resultados apresentados na Tabela 2, verifica-se que os teores de FDN e de FDA apresentaram correlações negativas ($r = -0,96$ e $r = -0,88$) com os teores de carboidratos solúveis. 92% e 77% nas variações dos teores de carboidratos solúveis podem ser explicados pelas concentrações de FDN e FDA. Segundo Van Soest (1994), este fato pode ser justificado pela maior atividade metabólica existente em algumas plantas, levando ao decréscimo nos conteúdos de nitratos, proteínas e carboidratos solúveis e aumento nos componentes da parede celular. Deve-se também considerar as variabilidades genéticas existentes entre genótipos e/ou híbridos, que podem levar a maior ou menor proporção de parede celular (Marvin *et al.*, 1995; Mechin, 2000).

O genótipo Lu16 apresentou baixos valores de FDA (26,67%), LK (11,47%) e LDA (3,47%) (Tabela 1), associados com altos valores de digestibilidade *in vitro* da MS (69,82%), da PC (48,05%) e também, digestibilidade da PC estimada pelo método NIRS (DINAP) (62,16%).

O genótipo Lu16 diferiu somente do Lu6 para o teor de FDA (38,08%). Os resultados levam a inferir que outros fatores além dos conteúdos de parede celular estão intimamente envolvidos com os teores de digestibilidade, como por exemplo, os teores de ligninas e suas possíveis ligações com moléculas de baixo peso molecular. Isto pode ser confirmado pelo estudo de correlação (Tabela 2), no qual os teores de LK e de LDA apresentaram correlações negativas com a DIVMS, da DIVPC e DINAGP. 50% e 46% das variações nos valores da DIVMS podem ser justificadas pelos teores de LDA e de LK, respectivamente.

As variações nos teores de DIVPC e de DINAGP são explicadas pelos teores de LDA na ordem de 94% e 82% e pelos teores de LK na ordem de 88% e 77%, respectivamente. Vários estudos têm demonstrado o efeito da parede celular sobre a digestibilidade da MS de plantas forrageiras. Barrière e Argillier (1998), trabalhando com 58 híbridos de milho, observaram que os teores de fibra bruta apresentaram influência negativa de 12% sobre a digestibilidade da matéria orgânica. Já Marvin et al. (1995), trabalhando com 25 linhagens de milho, registraram que os teores de FDN apresentaram influência negativa sobre a DMO de 70% e da DPC de 23%. Da mesma forma, Mechin et al. (2000) observaram que 28% da variação na DPC de diferentes linhagens de milho podem ser justificadas pelos teores de LK e que 25% das variações podem ser justificadas pelos teores de

FDN.

Em relação a DIVPC (Tabela 1), verifica-se que o genótipo Lu16 apresentou maior valor (48,05%) quando comparado com os outros genótipos estudados. No entanto, este não diferiu dos demais genótipos quanto aos teores de LK, exceto para os genótipos F271 e Lu5. Da mesma forma, Argillier et al. (1996), estudando as variações existentes em seis diferentes híbridos de milho, registraram diferença de 8% nos teores de digestibilidade *in vitro* da FDN entre o híbrido MBS847 x Co125 (36,4%) e o F2 x F113 (44,4%), apresentando teores de LK semelhantes (21,3% e 21,4%). No entanto, os autores registraram diferenças nas características dos ácidos hidroxicinâmicos e composições monoméricas da lignina, sendo que o híbrido MBS847 x Co125 apresentou maiores concentrações de ácido *p*-cumárico e de ácido ferúlico éter e menor proporção de ácido ferúlico éster quando comparado com o F2 x F113. Mechin et al. (2000), trabalhando com diferentes linhagens de milho, não observaram diferenças entre os teores de lignina para as linhagens W117, F2 e F251, mas observaram diferenças de 10 a 12 unidades percentuais entre estas linhagens para os teores de digestibilidade da parede celular. Os autores sustentam a teoria de que diferenças na digestibilidade podem ser melhores explicadas pelos tipos de ligações existentes entre as ligninas e hemiceluloses.

Tabela 1. Valores médios da composição química e digestibilidade em cinco genótipos de milho sem espigas.

Genótipos	Variáveis										
	PB ¹	CS ²	FDN ³	FDA ⁴	LK ⁵	LDA ⁶	<i>p</i> -C esterificado ⁷	FeTotal ⁸	DIVMS ⁹	DIVPC ¹⁰	DINAGP ¹¹
F2	7,02a	17,95a	55,15b	26,91b	13,84ab	5,16b	13,91a	7,17a	62,09b	31,26b	49,47b
Lu16	8,26a	11,97ab	58,12ab	26,67b	11,47b	3,47c	8,26c	7,23a	69,82a	48,05a	62,16a
F271	8,66a	15,54a	56,23b	28,63b	15,26a	6,11a	9,46bc	7,08a	59,48b	27,78b	46,57bc
Lu5	9,47a	10,50ab	60,20ab	30,05b	15,31a	5,67ab	10,68bc	6,15b	58,17b	30,56b	47,76b
Lu6	8,03a	3,72b	70,94a	38,08a	14,18ab	5,37b	11,93ab	6,69ab	50,38c	30,06b	43,77c
Análise de variância											
Genótipos	0,091	0,022	0,027	0,012	0,018	0,000	0,005	0,017	0,002	0,000	0,000
Repetição	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
CV ¹²	7,31	20,09	4,93	5,83	4,68	3,00	6,00	2,71	2,79	3,33	1,38
DP ¹³	0,94	5,36	6,33	4,60	1,55	0,95	2,12	0,44	6,71	7,87	6,76

Médias com letras diferentes na mesma coluna diferem entre si pelo teste Tukey (P<0,05); ¹Proteína bruta (%); ²Carboidrato solúvel (%); ³Fibra em detergente neutro (%); ⁴Fibra em detergente ácido (%); ⁵Lignina Klason; ⁶Lignina detergente ácido; ⁷Ácido *p*-cumárico esterificado (mg/g de DN); ⁸Ácido ferúlico total (mg/g de FDN); ⁹Digestibilidade *in vitro* da matéria seca (%); ¹⁰Digestibilidade da parede celular (%); ¹¹Digestibilidade da parede celular estimada a partir de valores obtidos pelo método NIRS %; ¹²Coeficiente de variação; ¹³Desvio padrão.

Tabela 2. Coeficientes de correlação genotípica da composição químico-bromatológica e digestibilidade em cinco genótipos de milho sem as espigas.

	PB ¹	CS ²	FDN ³	FDA ⁴	LDA ⁵	LK ⁶	DIVMS ⁷	DIVPC ⁸	DINAGP ⁹	<i>p</i> -C Esterificado ¹⁰	FeTotal ¹¹
PB	1	-0,30	0,10	0,09	0,26	0,40	-0,11	-0,08	-0,08	-0,61	-0,69
CS		1	-0,96**	-0,88	0,04	0,00	0,26	0,10	0,53	0,10	0,52
FDN			1	0,97**	0,08	0,07	-0,74	-0,16	-0,42	-0,13	-0,44
FDA				1	0,32	0,30	-0,88	-0,40	-0,63	0,24	-0,46
LDA					1	0,98**	-0,71	-0,97**	-0,91	0,36	-0,44
LK						1	-0,68	-0,94	-0,88	0,31	-0,59
DIVMS							1	0,78	0,92	-0,46	0,56
DIVPC								1	0,96**	-0,55	0,41
DINAGP									1	-0,56	0,48
<i>p</i> -C Esterificado*										1	-0,09
FeTotal											1

¹Proteína bruta; ²Carboidrato solúvel; ³Fibra em detergente neutro; ⁴Fibra em detergente ácido; ⁵Lignina em detergente ácido (% FDN); ⁶Lignina klason (% FDN); ⁷Digestibilidade *in vitro* da matéria seca; ⁸Digestibilidade da fibra em detergente neutro; ⁹Digestibilidade da parede celular estimada a partir de valores obtidos pelo método NIRS; ¹⁰Ácido *p*-cumárico esterificado; ¹¹Ácido ferúlico total. *Ácido *p*-cumárico esterificado. **P<0,05%.

Pela Tabela 1, verifica-se que houve diferenças significativas entre os genótipos para os conteúdos de ácidos hidroxicinâmicos. Os teores de ácido *p*-cumárico esterificado variaram de 8,26 mg/g a 13,91 mg/g de FDN e os de ácido ferúlico total de 6,15 mg/g a 7,23 mg/g de FDN, respectivamente. O ácido *p*-cumárico esterificado foi negativamente associado com os teores de DIVMS ($r = -0,46$), da DIVPC ($r = -0,55$) e de DINAGP ($r = -0,56$). Ferreira (2003) observou que os conteúdos de ácido *p*-cumárico presente nas plantas (colmo + folhas) de diferentes genótipos de milho, apresentaram efeito positivo sobre os teores de LDA ($r = 0,92$) e de LK ($r = 0,90$), respectivamente. Segundo Argillier *et al.* (1996), o ácido *p*-cumárico está predominantemente ligado às ligninas e sua influência sobre a degradação dos polissacarídeos está provavelmente em função dos efeitos negativos diretos e indiretos das ligninas.

Os genótipos Lu5 e Lu6 (Tabela 1) apresentaram baixos conteúdos de ácido ferúlico total associados com baixos valores de DIVMS (58,17% e 50,38%), da DFDN (30,56% e 30,06%) e do DINAGP (47,76% e 43,77%), respectivamente. Os genótipos F2, Lu16 e F271 apresentaram maiores valores de ácido ferúlico total, associados com bons teores de DIVMS. Entretanto, observa-se que o genótipo F271, embora não diferindo estatisticamente dos genótipos F2, Lu5 e Lu6, apresentou o menor valor para a DIVPC (27,78%). Estes resultados mostram que somente o conteúdo de ácido ferúlico total não é suficiente para justificar resultados de digestibilidade, e que outros fatores estão envolvidos como, por exemplo, as proporções entre os tipos de ligações éster e éter, não avaliadas no presente trabalho. De fato (Jung, 1989; Marvin *et al.*, 1995; Morrison *et al.*, 1998; Deschamps, 1999; Barrière e Emile, 2000), as variações na digestibilidade podem ser melhor explicadas pelas variações nos teores de lignina e fenólicos totais, ou seja, suas proporções entre as ligações éster e éter.

Observa-se uma correlação positiva entre a digestibilidade da parede celular (DINAGP) com a DIVPC (Tabela 2), o que leva a inferir que a estimação dos diferentes constituintes pelo NIRS para a predição do DINAGP pode ser utilizada nos estudos de avaliações de genótipos de milho, visto que a obtenção de informações rápidas referentes à composição específica de um alimento é uma alternativa de valor incalculável. Destaca-se que o método NIRS é uma ferramenta de grande valia para a determinação dos componentes presentes na planta, permitindo que as análises sejam realizadas simultaneamente, com grande reprodutibilidade e precisão, em menos de um minuto.

As análises de regressão múltipla, feitas neste trabalho, buscaram melhor explicar os resultados

referentes a DIVMS, DINAGP e principalmente, a DIVPC. As equações selecionadas, utilizando-se duas variáveis, são as que melhor explicaram os resultados referentes a DIVMS e da DINAGP: $DIVMS = 110,03 - 1,09 * FDA - 3,30 * LDA$ ($EPR^1 = 1,27$; $r^2 = 95\%$) e $DINAGP = 96,30 - 5,61 * ADL - 0,57 * FDA$ ($EPR = 1,95$; $r^2 = 96\%$). Já as variáveis LDA e ácido *p*-cumárico esterificado foram as que melhor explicaram as variações referentes aos valores da DIVPC ($DIVPC = 80,40 - 7,27 * ADL - 0,85 * Cest$; $EPR = 0,86$; $r^2 = 99\%$). Os teores de LDA explicaram 94% dos resultados referentes a DIVPC (Tabela 2), ao passo que os teores do ácido *p*-cumárico esterificado explicaram apenas 30% dos resultados. Pode-se inferir que os valores de LDA e/ou do ácido *p*-cumárico, quando avaliados individualmente, não apresentam o mesmo grau de confiança quando avaliados em conjunto para justificar os valores referentes a DPC dos genótipos. Mechin (2000), trabalhando com diferentes linhagens de milho, observou que apenas 28% dos resultados referentes a DPC podem ser justificadas pelos teores de LK e que 58% dos resultados podem ser melhores explicados através do agrupamento entre o ácido *p*-cumárico esterificado com a relação de unidades de sirangil e guaicil (S:G). Porém, no presente trabalho não foram realizadas análises químicas sobre as composições monoméricas das ligninas que podem apresentar efeitos negativos sobre a DPC (Argillier *et al.*, 1996; Boudet, 2000).

Conclusão

Os resultados mostram que houve diferenças entre os genótipos quanto aos teores da composição química e para os valores de DIVMS, DIVPC e DINAGP.

O genótipo Lu16 foi o que apresentou os melhores valores de digestibilidade em relação aos demais genótipos avaliados.

Além do teor de lignina, outros fatores podem interferir nos resultados referentes a digestibilidade da parede celular, como por exemplo, tipos de ligações éster e éter, assim como possíveis composições monoméricas das ligninas.

O uso de regressão múltipla foi eficiente para explicar os resultados referentes a DIVMS, do DINAGP e principalmente, para as avaliações da DIVPC.

Referências

AKIN, D.E. Biological structure of lignocellulose and its degradation in the rumen. *Anim. Feed Sci. Tech.*, Amsterdam, v. 21, p. 295-310, 1988.

¹ Erro padrão residual.

- AOAC. *Official methods of analysis*. Washington, DC, Association of Official Agricultural Chemist, 1990.
- ARGILLIER, O.; BARRIERE, Y., Une estimation de la qualité de la partie non grain du maïs ensilage sur des échantillons de plante entierre. In: COLLOQUE MAÏS ENSILAGE, 1996, Nantes. *Anais...* Nantes: INRA, 1996. p. 17-18.
- ARGILLIER, O. et al. Genotypic variation in phenolic components of cell-walls in relation to the digestibility of maize stalks. *Agronomie*, Paris, v. 16, p. 123-130, 1996.
- ARGILLIER, O. et al. Genotypic variability for *in vitro* criterial and relationships with *in vitro* digestibility in forage maize hybrids. *Plants Breed.*, Berlin, v. 117, p. 437-441, 1998.
- BARRIÈRE, Y.; ARGILLIER, O. *In vivo* silage feeding value of early maize hybrids registered on France between 1958 and 1994. *Euphytica*, Wageningen, v. 99, p. 175-182, 1998.
- BARRIÈRE, Y.; EMILE, J.C. Le maïs fourrage. III - Evaluation et perspectives de progrès génétique sur les caractères de valeur alimentaire. *Fourrages*, Paris, n. 163, p. 221-238, 2000.
- BARRIÈRE, Y. et al. Variabilité génétique de la teneur en matières azotées du maïs fourrage. In: ACTES DES JOURNEES AFPF 2003 - FOURRAGES, PROTEINES ET ENVIRONNEMENT. 2003, Paris. *Anais...* Paris: AFPF, 2003, p. 128-129.
- BAUCHER, M. et al. Biosynthesis and genetic engineering of lignin. *Critci. Rev. Plant Sci.*, London, v. 17, n. 2, p. 125-197, 1998.
- BOUDET, A.M. Lignins and lignification: selected issues. *Plant Physiol. Biochem.*, New Delhi, v. 38, p. 81-96, 2000.
- CHABBERT, B.O. et al. Biological variability in lignification of maize: expression of the brown midrib *bm3* mutation in three maize cultivars. *J. Sci. Feed Agric.*, London, v. 64, p. 349-355, 1994.
- DESCHAMPS, F.C. Implicações do período de crescimento na composição química e digestão dos tecidos de cultivares de capim-elefante. *Rev. Soc. Bras. Zootec.*, Viçosa, v. 28, n. 6, p. 1358-1369, 1999.
- EFFAND, M.J. Modified procedure to determinate acid-insoluble lignin in wood and pulp. *TAPPI*, Tillis, v. 60, p. 143-144, 1977.
- Ferreira, G.D.G. *Características morfo-anatômicas do colmo e valor nutritivo de genótipos de milho (Zea mays L.)*. 2003. Tese (Doutorado em Zootecnia)–Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2003.
- FLACHOWSKI, G. et al. Fibre analyses and fractions of two corn varieties harversted at various times. *Anim. Feed Sci. Tech.*, Amsterdam, v. 43, p. 41-50, 1993.
- GOERING, H.K.; VAN SOEST, P.J. *Forage fiber analysis (apparatus, reagents, procedures, and some applications)*. Washington: USDA ARS Agric. Handb, 1970.
- JUNG, H.G. Forage lignins and their effects on fiber digestibility *Agron. J.*, Madison, v. 81, p. 33-38, 1989.
- JUNG, H.G.; DEETZ, D.A. Cell wall lignification and degradability. In: JUNG, H.G. et al. (Ed.). *Forage wall structure and digestibility*. Madison: ASA/CSSA/SSSA, 1993, p. 313-346.
- MARVIN, H.J.P. et al. Relationship between stalk cell wall digestibility and fibre composition in maize. *J. Sci. Food Agric.*, London, v. 69, p. 215-221, 1995.
- MECHIN, V. *Etude de facteurs biochimiques et génétiques explicatifs de la variabilité pour la valeur alimentaire du maïs fourrage*. 2000. Tese (Doutorado em agronomia)–INRA (Unité de Génétique et d'Amélioration des Plantes Fourragères), Lusignan, 2000.
- MORRISON, W.H. et al. Investigation of the éster and ether linked phenolic constituents of cell wall types of normal and Brown midrib pearl millet using chemical isolation, microspectrophotometry and ¹³C NMR spectroscopy. *J. Sci. Food Agric.*, London, v. 63, p. 329-337, 1993.
- MORRISON, T.A. et al. Cell wall composition of maize internode of varying maturity. *Crop. Sci.*, Madison, v. 38, p. 455-460, 1998.
- VAN SOEST, P.J. *Nutritional ecology of the ruminant*. Ithaca: Comstock Publ. Assoc., 1994.
- WILLIAMS, S. *Association of official analytical chemists. Official methods of analysis*. 14. ed. Arlington: AOAC, 1980.
- ZEOULA, L.M. et al. Avaliação de cinco híbridos de milho (*Zea mays*, L.) em diferentes estádios de maturação. 4. Digestibilidade da matéria seca, matéria orgânica e fibra em detergente neutro da porção vegetativa e planta inteira. *Rev. Soc. Bras. Zootec.*, Viçosa, v. 32, n. 3, p. 567-575, 2003.

Received on January 31, 2005.

Accepted on October 06, 2005.