

GISELLE ANSELMO DE SOUZA

POTENCIAL DE PRODUÇÃO DE SILAGEM DE HÍBRIDOS DE
SOJA [*Glycine max* (L.) Merrill] OBTIDOS POR CRUZAMENTOS
EM DIALELO

Tese apresentada à Universidade
Federal de Viçosa, como parte das
exigências do Programa de Pós-
Graduação em Fitotecnia, para
obtenção do título de *Doctor
Scientiae*.

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2011

Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e
Classificação da Biblioteca Central da UFV

T

S729p
2011

Souza, Giselle Anselmo de, 1980-
Potencial de produção de silagem de híbridos de soja
[*Glycine max* (L.) Merrill] obtidos por cruzamentos em
dialelo / Giselle Anselmo de Souza. – Viçosa, MG, 2011.
xi, 62f. : il. (algumas col.) ; 29cm.

Orientador: Carlos Sigueyuki Sedyama.
Tese (doutorado) - Universidade Federal de Viçosa.
Referências bibliográficas: f. 53-62.

1. Soja - Melhoramento genético. 2. Silagem. 3. Genética
quantitativa. 4. Forragem. 5. Análise combinatória.
I. Universidade Federal de Viçosa. II. Título.

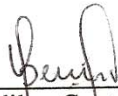
CDD 22. ed. 633.342

GISELLE ANSELMO DE SOUZA

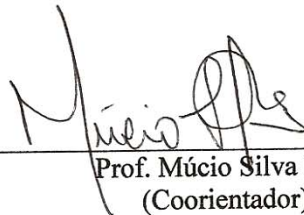
POTENCIAL DE PRODUÇÃO DE SILAGEM DE HÍBRIDOS DE
SOJA [*Glycine max* (L.) Merrill] OBTIDOS POR CRUZAMENTOS
EM DIALELO

Tese apresentada à Universidade
Federal de Viçosa, como parte das
exigências do Programa de Pós-
Graduação em Fitotecnia, para
obtenção do título de *Doctor
Scientiae*.

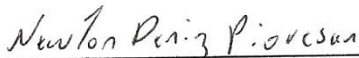
APROVADA: 16 de março de 2011.



Prof. Odilon Gomes Pereira
(Coorientador)



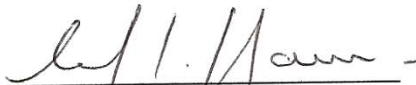
Prof. Múcio Silva Reis
(Coorientador)



Pesq. Newton Deniz Piovesan



Pesq. Rogério Faria Vieira



Prof. Carlos Sigueyuki Sedyama
(Orientador)

Aos meus pais Juvenal e Conceição.

Às minhas irmãs Danielle e Gracielle.

À minha Tia Júlia

Ao Wagner.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus, por mais esta etapa cumprida.

Aos meus queridos pais Juvenal e Conceição e às minhas irmãs Danielle e Gracielle, pelo fato de, por uma causa de realização pessoal, eu ter-me privado da sua companhia diária.

Ao Wagner, pelo companheirismo, pela cumplicidade, dedicação e paciência.

À Universidade Federal de Viçosa e ao Curso de Pós-Graduação em Fitotecnia (Produção Vegetal), pela oportunidade de realização deste trabalho.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos.

Ao Professor Carlos Sigueyuki Sedyama, pela orientação.

Ao Professores Múcio Silva Reis e Maurílio Alves Moreira e Odilon Gomes Pereira, pela coorientação.

Ao Professor Edenio Detmann, coordenador do Laboratório de Nutrição de Animal, e aos funcionários Faustino Monteiro, “Seu Valdir”, “Seu Mário”, “Seu Fernando”, pelas contribuições.

À Anna Rita Marcondes dos Santos, pelo auxílio na execução deste trabalho.

Ao Ernane Ronie Martins, exemplo de profissionalismo e dedicação, por ter-me ensinado os primeiros passos na pesquisa científica.

Ao Newton Deniz Piovesan e aos funcionários do Programa de Melhoramento de Soja Cupertino, Reginaldo, José Carlos, Cássio e Gláucia, pelo apoio técnico.

Aos funcionários do Campo Experimental Diogo Alves de Mello, em especial ao “Seu Prefeito” e “Seu Antônio”, pelo apoio técnico na condução do experimento de campo.

Aos meus colegas do Laboratório de Forragicultura Andressa, Leidy, Lilian e João Paulo, pela disposição em me ajudar nas análises no Laboratório de Nutrição de Animais e Forragicultura.

Aos meus colegas do Curso de Pós-Graduação em Fitotecnia Camilla, Marilene, Maria Lita, Patrícia, Maristela, Márcio e Renato, pela agradável e divertida convivência.

Aos professores das disciplinas do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, pelos ensinamentos.

Às funcionárias da Secretaria de Pós-Graduação em Fitotecnia Mara e Tatiani, pela presteza.

Aos meus colegas dos Laboratórios de Biologia Molecular I (Biomol), Biologia Molecular II e Sequenciamento de Plantas, em especial a Márcia, Maria Fernanda, Maria Andréia, Marta, Cassiana, Beatriz, Roberta, Maíra, Leonardo, Luiz Cláudio e Klever, pela grande amizade – o que muito me ajudou a suportar a ausência da família –, pelos conselhos e pelas palavras de incentivo e ajuda na realização deste trabalho.

Às minhas colegas de república Fernanda, Yhasmin, Viviane, Larissa e Fabiana, pela agradável convivência diária.

E a todos aqueles que contribuíram para a realização deste trabalho. Muito obrigada.

Quando alguém encontra seu caminho precisa ter coragem suficiente para dar passos errados. As decepções, as derrotas e o desânimo são ferramentas que Deus utiliza para mostrar a estrada.

Paulo Freire

BIOGRAFIA

GISELLE ANSELMO DE SOUZA, filha de Juvenal de Souza Filho e Maria da Conceição Anselmo de Souza, nasceu em 11 de agosto de 1980, em Montes Claros-MG.

Em dezembro de 1998 concluiu o ensino médio na Escola Estadual Professor Plínio Ribeiro, em Montes Claros, MG.

Em 2000, iniciou o curso de graduação em Engenharia Agrônoma pela Universidade Federal de Minas Gerais, onde desenvolveu diversas atividades de pesquisa, ensino e extensão como bolsista do Programa de Aprimoramento Discente e do Programa Especial de Treinamento, colando grau em janeiro de 2005.

Em março de 2005 ingressou no Mestrado no curso de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento, pela Universidade Federal de Viçosa, submetendo-se a defesa de tese em fevereiro de 2007.

Em março de 2007 ingressou no curso de Doutorado em Fitotecnia pela Universidade Federal de Viçosa-MG, submetendo-se à defesa de tese em março de 2011.

SUMÁRIO

LISTA DE ABREVIATURAS	ix
RESUMO	x
ABSTRACT	xi
1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVOS	2
2.1. Objetivo geral.....	2
2.2. Objetivos específicos	2
3. REVISÃO DE LITERATURA.....	3
3.1. A soja como forragem.....	3
3.2. Silagem	6
3.3. Cruzamentos dialélicos	8
3.4. Estudos de correlação	11
4. MATERIAL E MÉTODOS	14
4.1. Delineamento experimental	14
4.2. Ensilagem da soja	16
4.3. Determinação da composição bromatológica da forragem e da silagem de soja	17
4.4. Determinação do perfil fermentativo das silagens.....	18
4.5. Qualificação das silagens.....	18
4.6. Análises estatísticas	22

4.6.1. Análise de variância.....	22
4.6.2. Análise dialélica.....	22
4.6.3. Correlação.....	23
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	24
5.1. Altura de plantas, produtividade de matéria seca e composição bromatológica da forragem de soja.....	24
5.2. Composição bromatológica e perfil fermentativo da silagem de soja.....	28
5.3. Análise dialélica.....	34
5.3.1. Capacidade geral e específica de combinação para altura de plantas, produtividade de matéria seca e composição bromatológica de forragem de soja.....	34
5.3.2. Capacidade geral e específica de combinação da composição bromatológica e do perfil fermentativo de silagens de soja.....	41
5.4. Correlações.....	46
5.4.1. Correlações entre as características da composição bromatológica da forragem de soja.....	46
5.4.2. Correlações entre as características da composição bromatológica e do perfil fermentativo de silagens de soja.....	48
5.4.3. Correlações entre as características da composição bromatológica de forragens e silagens de soja.....	50
6. CONCLUSÕES.....	51
7. REFERÊNCIAS.....	53

LISTA DE ABREVIATURAS

ACE – Teor de ácido acético

ALT – Altura de plantas no estádio R6

BUT – Teor de ácido butírico

CEC – Capacidade específica de combinação

CGC – Capacidade geral de combinação

CSO – Carboidratos solúveis em água

EE – Extrato etéreo

FDA – Fibra em detergente ácido

FDN – Fibra em detergente neutro

LAT – Teor de ácido láctico

MS – Matéria seca

N-NH₃/N_{Total} – Teor de nitrogênio amoniacal em porcentagem de nitrogênio total

PB – Proteína bruta

PMS – Produtividade de matéria seca

r – Coeficiente de correlação de Pearson

RESUMO

SOUZA, Giselle Anselmo de, D. Sc., Universidade Federal de Viçosa, março de 2011. **Potencial de produção de silagem de híbridos de soja [*Glycine max* (L.) Merrill] obtidos por cruzamentos em dialelo.** Orientador: Carlos Sigueyuki Sedyama. Coorientadores: Maurílio Alves Moreira, Múcio Silva Reis e Odilon Gomes Pereira.

Avaliou-se o potencial de produção de forragem e silagem de cinco cultivares de soja (Sambaíba, Luziânia, Tucunaré, UFV 16 e UFVS 2003) e suas 20 progênies F₃ (10 híbridos e 10 híbridos recíprocos), obtidos do cruzamento em dialelo. O delineamento experimental foi em blocos casualizados com três repetições. A soja foi ensilada no estágio R6, por 60 dias, em silos experimentais constituídos de sacos plásticos hermeticamente vedados a vácuo. Foram feitas determinações da matéria seca; proteína bruta, fibra em detergente neutro, fibra em detergente ácido, extrato etéreo, carboidratos solúveis, pH, nitrogênio amoniacal em porcentagem de nitrogênio total, teor de ácidos orgânicos em amostras das forragens e das silagens de soja, além da determinação da altura de plantas no estágio R6 e produtividade de matéria seca por hectare. As variáveis foram submetidas às análises de variância dialélica e de correlação. As forragens e silagens avaliadas apresentaram composição bromatológica e perfil fermentativo satisfatórios. Assim, infere-se que é possível a obtenção de cultivares de soja que apresentem boa qualidade de forragem e de silagem, viabilizando o seu uso como planta forrageira. É possível selecionar cultivares e cruzamentos específicos para o melhoramento da produção e da qualidade da forragem e da silagem, bem como o emprego da seleção indireta de determinados caracteres.

ABSTRACT

SOUZA, Giselle Anselmo de, D. Sc., Universidade Federal de Viçosa, March, 2011.
Silage production potential of soybean [*Glycine max* (L.) Merrill] hybrids from a diallel cross. Adviser: Carlos Sigueyuki Sedyama. Co-Advisers: Maurílio Alves Moreira, Múcio Silva Reis and Odilon Gomes Pereira.

Forage and silage production potential of five soybean cultivars (Sambaíba, Luziânia, Tucunaré, UFV 16 and UFVS 2003) and their 20 F₃ hybrid progenies (10 hybrids and 10 reciprocal hybrids), obtained by a complete diallel cross were evaluated. The experimental design was a complete block with three replications. The soybean plants were harvested and ensiled at the R6 stage for 60 days, in plastic bag experimental silos hermetically vacuum sealed. Samples of forage and silage were analysed for dry matter; crude protein, neutral detergent fiber, acid detergent fiber, ether extract, soluble carbohydrates, pH, ammonia nitrogen in percentage of total nitrogen and organic acids. Plant height at the R6 stage and yield of dry matter per hectare were also evaluated. The variables were subjected to analysis of variance and to diallel and correlation analyses. The forage and silage presented satisfactory bromatological composition and fermentative profile. Therefore, it is possible to obtain soybean cultivars which presents good quality forage and silage, enabling the use of soybean as fodder crop. It is possible to select progenitors and crosses specific for the breeding for the forage and silage production and quality. It is possible to use the indirect selection method for some traits.

1. INTRODUÇÃO

A soja [*Glycine max* (L.) Merrill] representa importante fonte de proteína, com um dos melhores padrões de aminoácidos essenciais entre aquelas de origem vegetal.

No Brasil, o desenvolvimento de tecnologias de produção e de cultivares adaptados às diferentes condições edafoclimáticas possibilita o cultivo da soja em várias regiões. Seu cultivo tem sido quase que exclusivamente como cultura produtora de grãos, sendo pouco usada na forma de forragem para alimentação animal. Destacam-se pesquisas que avaliam o uso da soja como fonte de proteína para enriquecimento de silagem de gramíneas, como milho-soja e sorgo-soja. Não existem estatísticas oficiais sobre o cultivo da soja para a produção de silagem, embora seja prática adotada em algumas regiões para a alimentação de rebanhos leiteiros ou de corte.

O alimento volumoso é a base da alimentação de bovinos, independentemente do sistema de suplementação adotado. A conservação de forragens na forma de silagens é alternativa viável para que se possa garantir o fornecimento de forragem de alta qualidade, durante o período de escassez de alimentos.

Embora tenha sido demonstrado o potencial da cultura da soja para a produção de forragem, não existem no país cultivares específicos para esse fim. A obtenção de cultivares de soja com boa qualidade de forragem e com características que favoreçam sua utilização como silagem pode ser importante para produtores, uma vez que a soja para esse fim representaria uma fonte proteica interessante na formulação de dietas para ruminantes. Além disso, seu uso como forrageira reduziria o custo de produção animal em virtude da diminuição do uso de concentrados proteicos.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo geral

Este objetivo consistiu em avaliar o potencial de produção de forragem e silagem de soja de cinco cultivares e 20 famílias F₃ obtidos a partir do seu inter cruzamento em dialelo, incluindo os cruzamentos recíprocos.

2.2. Objetivos específicos

Estes objetivos foram os seguintes:

- Avaliar o potencial de produção de forragem e silagem de cinco cultivares de soja e seus 20 híbridos obtidos do cruzamento em esquema dialélico completo.
- Determinar a composição bromatológica da forragem e da silagem de soja.
- Identificar genitores e combinações híbridas de soja que apresentem maiores capacidades gerais e específicas de combinação das características referentes à produção de forragem e silagem.
- Avaliar o grau de associação entre as variáveis da forragem e da silagem de plantas de soja.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1. A soja como forragem

A soja pertence ao Reino *Plantae*, família *Fabaceae* (*Leguminosae*), gênero *Glycine max* (L.) Merrill. É conhecida e explorada no Oriente há mais de cinco mil anos. Em 1804, a soja foi pela primeira vez citada nos Estados Unidos como cultivada na Pensilvânia (SEDIYAMA *et al.*, 2009). Em meados dos anos de 1800, seu cultivo disseminou-se no Ocidente, quando os Estados Unidos iniciaram sua exploração comercial como cultura forrageira (EMBRAPA, 2004). Em 1940, no auge do seu cultivo como forrageira, foram cultivados, naquele país, cerca de dois milhões de hectares com tal propósito (EMBRAPA, 2010). Após 1940, o uso de soja como feno declinou rapidamente devido à dificuldade de se secar essa forragem. Houve, então, a expansão do cultivo para a produção de grãos devido ao seu alto teor de proteína e óleo. Por volta de 1964, apenas 3% da soja cultivada nos Estados Unidos era destinada à forragem (SHEAFFER *et al.*, 2001).

A primeira referência da soja no Brasil data de 1882. Há relatos de plantio na Bahia (SEDIYAMA *et al.*, 2009), e, assim como nos EUA, essa leguminosa foi inicialmente cultivada como cultura forrageira e eventualmente também como cultura granífera para alimentação animal. O Sul do Brasil foi inicialmente a região de melhor adaptação da cultura devido às condições climáticas favoráveis. A partir de 1960, a cultura tornou-se economicamente importante no país, impulsionada pela política de subsídios do trigo (EMBRAPA, 2010).

Atualmente, o desenvolvimento de tecnologias de produção e de cultivares adaptados às diferentes condições de solo e clima possibilita o cultivo da soja em todo o território nacional. Em dezembro de 2010, a área plantada para a produção de grãos foi de 23.302.621 ha, com produção total de 66.479.967 t e rendimento médio de 2.937 kg ha⁻¹ (IBGE, 2010). O Centro-Oeste concentra 44,9% da produção nacional (IBGE, 2010). Não há estatísticas oficiais sobre o cultivo da soja em relação à produção de silagem, que é prática adotada em algumas regiões na alimentação de rebanhos leiteiros ou de corte (PEREIRA *et al.*, 2008). Segundo Evangelista *et al.* (2003), a baixa utilização da soja como forrageira, em períodos críticos de

disponibilidade de forragem, pode estar associada à falta de informações para a adoção dessa tecnologia.

Evangelista e Lima (2002) afirmaram que a silagem exclusiva de soja deve ser usada como estratégia em manejo de área ou de animais específicos e que sua melhor utilização para forragem é em consórcio com gramíneas, visando elevar o teor proteico da dieta dos animais. Esses autores afirmaram ainda que a soja, na forma de silagem exclusiva ou na forma de feno, é mais uma opção para a produção de forragem de boa qualidade, ficando a decisão pelo tipo de utilização na dependência de fatores locais e da relação custo/benefício.

Muitos trabalhos destacam o uso da soja como forrageira consorciada com gramíneas. Nesses estudos, os autores enfatizam a utilização da soja principalmente como fonte de proteína. A soja e o sorgo quando cultivados em conjunto podem fornecer mais forragem por unidade de área (SILVA *et al.*, 2000) e maior rendimento de proteína bruta, em comparação com o monocultivo do sorgo (SILVA *et al.*, 2000; REZENDE *et al.*, 2001; REZENDE *et al.*, 2004). Além disso, a produção de silagem mista de soja-sorgo possibilita maiores teores de matéria seca, proteína bruta e carboidratos solúveis, em comparação com as silagens exclusivas de sorgo (OLIVEIRA, 1989). Em trabalho conduzido por Paula *et al.* (2009), constatou-se que a proteína bruta, o extrato etéreo, o teor de nitrogênio amoniacal em porcentagem de nitrogênio total e o pH aumentaram linearmente com a maior proporção de soja na mistura ensilada. Silagens com 33% de soja apresentaram teores de nutrientes e energia condizentes com um volumoso de média a boa qualidade.

A associação milho-soja mostrou-se altamente promissora para a produção de silagem, uma vez que resultou em maior rendimento de massa verde e matéria seca (EVANGELISTA *et al.*, 1982) e melhorou o índice de valor nutritivo da silagem, parâmetros bem correlacionados com o ganho de peso de novilhos (EVANGELISTA, 1986). Além disso, há maior produção de proteína na silagem, e a digestibilidade da matéria seca desta não se altera (EVANGELISTA *et al.*, 1983). As silagens mistas de soja e milho são mais ricas em cálcio e magnésio e ligeiramente mais ricas em proteínas (GOMIDE *et al.*, 1987), quando comparadas com a silagem exclusiva de sorgo ou milho (GOMIDE *et al.*, 1987). Rezende (1995) afirmou que o consórcio milho-soja proporciona a obtenção de alimento rico em energia e proteína. A soja quando cultivada juntamente com o milho aumentou em até 48% a produção

de proteína bruta por hectare, além de elevar a produção de matéria seca, conforme constatado por Fichtner *et al.* (1989).

Leonel *et al.* (2008) avaliaram o cultivo de capim-braquiária e soja em consórcio ou exclusivamente. Eles observaram que, tanto no consórcio quanto no monocultivo da soja, o teor de matéria seca foi mais elevado no estágio vegetativo R7 da soja. Independentemente do estágio, R6 ou R7, a soja em cultivo exclusivo produziu maiores teores de proteína bruta, carboidratos não fibrosos, lignina e nutrientes digestíveis totais e maior quantidade de proteína bruta, seguida pelo consórcio capim-braquiária e soja e pelo capim-braquiária em cultivo exclusivo, que se comportaram de forma inversa quanto ao teor de fibra em detergente neutro. A quantidade de nutrientes digestíveis totais obtida no consórcio capim-braquiária e soja e no cultivo exclusivo de soja aumentou do estágio R6 para o R7, enquanto no capim-braquiária em cultivo exclusivo diminuiu com o avanço da maturidade das culturas. Em todas as silagens colhidas nos dois estádios fenológicos, os valores de pH e ácido butírico foram elevados e os de ácido láctico, baixos. Diante desses resultados, os autores concluíram que a utilização de soja cultivada em consórcio com capim-braquiária para a produção de silagens é viável, sendo recomendada a colheita das plantas de soja no estágio R7.

A associação de silagem de soja ao capim-elefante verde picado é alternativa para obter volumoso com excelente valor nutritivo, pois, quanto maior a participação da silagem de soja junto com o capim-elefante, maior o teor proteico e menor o teor de fibras na dieta (LIMA *et al.*, 2008). Essa associação também pode ser usada como alternativa viável para a produção de silagem, resultando em maior consumo e digestibilidade das silagens (EVANGELISTA; LIMA, 1993).

Embora tenham sido demonstradas as vantagens da associação de soja com gramíneas para a obtenção de silagem com maior valor nutritivo, esse tipo de sistema de cultivo envolve alguns aspectos limitantes. A dificuldade de se conseguir grande número de plantas de soja, principalmente quando esta é consorciada com cultivares de grande porte (GOMIDE *et al.*, 1989), é a maior competição por luz, nutrientes e água, o que muitas vezes inviabiliza a utilização dos consórcios.

Mello Filho (2006) avaliou o comportamento de 20 cultivares e duas linhagens de soja quanto a caracteres inerentes à silagem, a fim de selecionar genitores para serem utilizados em programa de melhoramento de soja visando à produção de silagem. Os cultivares avaliados apresentaram produtividade de matéria

seca satisfatória, com destaque para o cultivar DM 339. O teor de proteína bruta foi elevado, e o de carboidratos solúveis está dentro do esperado, com base em estudos semelhantes, assim como os teores de extrato etéreo, fibra em detergente neutro e fibra em detergente ácido. As silagens apresentaram excelente valor nutricional, com base na sua composição químico-bromatológica. As variedades mais tardias foram as que apresentaram maior produtividade de matéria seca, sendo o ciclo a característica mais indicada para a seleção indireta com vistas à produtividade de matéria seca. O referido autor concluiu que, entre os cultivares avaliados, UFVPTA 182, Sambaíba, Tucunaré e Luziânia mostraram-se os mais promissores para serem utilizados num programa de melhoramento que vise à produção de silagem de soja quando o objetivo é a obtenção de maior ganho para a maioria das características avaliadas.

3.2. Silagem

A silagem é o produto resultante da fermentação anaeróbica da forragem num ambiente denominado silo.

A conservação de forragens através da ensilagem visa ao seu aproveitamento em seu estágio ótimo de desenvolvimento, conciliando a produtividade e o valor nutritivo. Além disso, objetiva minimizar as perdas de matéria seca e de energia e manter a qualidade da fração proteica da forragem durante o armazenamento, conservando o valor nutritivo e as características para a alimentação dos animais o mais próximo possível da forragem original. Para tal, a ocorrência de fermentação eficiente é fundamental (TOMICHA *et al.*, 2003b).

O sucesso da ensilagem consiste em criar condições anaeróbicas no silo, favorecendo o crescimento de bactérias do ácido láctico. Estas fermentam os açúcares naturais das plantas (principalmente glicose e frutose), originando predominantemente o ácido láctico. O ácido produzido diminui o pH do meio, inibindo o crescimento de microrganismos indesejáveis. A ensilagem de gramíneas com cerca de 20% de matéria seca possibilita o abaixamento do pH para em torno de 4, o que é suficiente para conservar a forragem satisfatoriamente. Leguminosas, por apresentarem maior poder tampão, são mais difíceis de ensilar satisfatoriamente (McDONALD *et al.*, 2002). Em condições de maior umidade, mesmo com pH menor

que 4 (LASSISTER; EDWARDS JR., 1982), *Clostridium* atua principalmente sobre os aminoácidos, resultando na produção de aminas, amônia, ácidos acético e butírico (McDONALD *et al.*, 2002). Segundo McDonald *et al.* (1991), para que ocorra a manutenção dos nutrientes nas silagens e que perdas por efuentes sejam minimizadas, a forrageira a ser ensilada deve apresentar teor de matéria seca de 25%.

Vários ácidos orgânicos são formados durante a fermentação (lático, acético, butírico, isobutírico, propiônico, valérico, isovalérico, succínico, fórmico), mas para a avaliação da qualidade do processo fermentativo os mais utilizados são os ácidos lático, butírico e acético (COSENTINO, 1978; TOMICH *et al.*, 2003b). Embora o teor de ácido lático seja frequentemente utilizado para a avaliação da qualidade da fermentação, a quantidade deste ácido necessária para reduzir o pH e inibir os processos que promovem a deterioração do material ensilado altera-se com a capacidade de tamponamento da forrageira e com a umidade da silagem. Essa condição impede o estabelecimento de níveis desse ácido como característica para a avaliação do processo fermentativo (TOMICH *et al.*, 2003b).

Os teores de ácido butírico e acético nas silagens estão relacionados a menores taxas de decréscimo de pH. O teor de ácido butírico é considerado um dos principais indicadores negativos da qualidade do processo fermentativo. Seu alto teor nas silagens representa acentuadas perdas de matéria seca e energia da forragem original durante a fermentação, e, frequentemente, o teor desse ácido é positivamente correlacionado com redução da aceitabilidade e consumo da silagem. O aumento do teor de ácido acético corresponde, principalmente, à ação prolongada de enterobactérias e bactérias lácticas heterofermentativas, mas também é provocado por *Clostridium* em menor proporção. Silagens bem conservadas devem apresentar reduzido teor de ácido acético, cujo nível também pode ser utilizado na avaliação do processo fermentativo (TOMICH *et al.*, 2003b).

3.3. Cruzamentos dialélicos

Em programas de melhoramento, a estimação de parâmetros em gerações iniciais de endogamia é importante para direcionar o programa de melhoramento. Essas estimativas auxiliam o melhorista na escolha do melhor método de melhoramento, do procedimento de seleção e de como deve ser feita a condução das populações segregantes. O avanço das gerações de endogamia tem-se tornado prática rotineira nos programas de melhoramento. Contudo, essa prática apresenta como desvantagens o aumento do número de anos de cada ciclo do programa de melhoramento e a demanda adicional de recursos humanos e financeiros. Tais limitações poderiam ser contornadas pela escolha adequada dos parentais e pela avaliação e seleção dos genótipos promissores logo nas gerações iniciais, de maneira que somente os genótipos selecionados sejam conduzidos em gerações avançadas, até originarem linhagens superiores. Isso eliminaria ou reduziria, já nas gerações iniciais, problemas de incompatibilidade híbrida e diferenças na capacidade de combinação que levam à ocorrência de cruzamentos que gerem genótipos inferiores (LOPES *et al.*, 2002).

Os cruzamentos dialélicos envolvem todos os cruzamentos possíveis entre vários genótipos (indivíduos, clones, linhagens etc.) (HAYMAN, 1954). Eles têm sido largamente utilizados por melhoristas para obtenção de informações a respeito do desempenho de um grupo de genitores de *per si* e de suas combinações híbridas. Muitas informações a respeito da ação gênica envolvida na determinação de caracteres quantitativos são também obtidas nos sistemas dialélicos (CRUZ; VENCOVSKY, 1989). Objetiva-se também estimar parâmetros genéticos úteis na seleção de genitores para a hibridação e no entendimento da natureza e magnitude dos efeitos genéticos envolvidos na determinação dos caracteres (GRIFFING, 1956). Essa análise quantifica a variabilidade genética do caráter e avalia o valor genético de genitores e a capacidade específica e heterose manifestada em cruzamentos específicos (CRUZ, 2005).

Entre as estimativas que podem ser obtidas através das análises dialélicas, a capacidade de combinação é extremamente útil para os procedimentos de teste em que se desejam estudar e comparar o desempenho entre linhagens utilizadas em combinações híbridas (GRIFFING, 1956).

Segundo Griffing (1956), o sistema de cruzamento dialélico se refere ao conjunto de p linhas puras que, quando cruzadas entre si, possibilitam um conjunto de p^2 combinações. Assim, p^2 combinações podem ser divididas em três grupos: 1- somente as linhas parentais; 2- um conjunto de $\frac{1}{2}p(p-1)$ e F_1 's e 3- um conjunto de $\frac{1}{2}p(p-1)$ recíprocos F_1 's. A análise dos cruzamentos dialélicos pode variar de acordo com o grupo parental ou famílias envolvidas na análise. Assim, quatro métodos experimentais diferentes são possíveis, e a escolha de qual método de análise usar dependerá do grupo de linhagens estudado. No Método 1, os genitores, F_1 's e seus recíprocos são incluídos representando todas as p^2 combinações possíveis; no Método 2, os genitores e F_1 's são incluídos, mas não os seus recíprocos, representando de $\frac{1}{2}p(p+1)$ combinações; o Método 3 inclui apenas os F_1 's e seus recíprocos, representando de $p(p-1)$ combinações; e no Método 4, apenas os F_1 's são incluídos representando de $\frac{1}{2}p(p-1)$ combinações. Outro ponto importante da metodologia de cruzamentos dialélicos de Griffing diz respeito às hipóteses de amostragem, em que há duas situações. A primeira hipótese refere-se ao modelo aleatório em que as linhagens parentais ou simplesmente o material experimental como um todo são considerados amostras aleatórias da população. O maior interesse é estimar os componentes genéticos e ambientais da variância da população; para isso, deve-se supor que os efeitos no modelo (exceto a média) têm distribuição normal e independente, com média zero e variância conhecida. A segunda hipótese refere-se ao modelo fixo e representa as situações em que as linhas são deliberadamente escolhidas e não podem ser consideradas amostras aleatórias de uma população. Nesse caso, as conclusões não são feitas sobre as linhagens individuais da amostra, mas sobre os parâmetros da população parental. Os objetivos são a comparação da capacidade de combinação dos pais, quando os próprios são usados como testadores, e a identificação das combinações mais produtivas. Assim, o maior interesse é estimar os efeitos da capacidade de combinação e obter erros-padrão apropriados para as diferenças entre efeitos.

A metodologia proposta por Griffing (1956) é aplicada a um grupo de genitores com qualquer nível de endogamia e dá informações a respeito da capacidade combinatória (geral e específica) de um grupo de genitores, além de ser possível estudar os efeitos recíprocos (CRUZ; VENCOVKY, 1989; CRUZ, 2005).

A capacidade geral de combinação (CGC) representa o desempenho médio das linhas utilizadas nas combinações híbridas, enquanto a capacidade específica refere-se aos casos em que as combinações híbridas apresentam desempenho acima ou abaixo do esperado com base no desempenho médio das linhagens envolvidas. A CGC está associada aos efeitos aditivos dos alelos e às ações epistáticas do tipo aditivo, ao passo que a CEC está associada aos efeitos dos desvios da dominância dos genes e às epistases envolvendo dominância (CRUZ; VENCovsky, 1989). Parentais com estimativas de CGC altas e positivas são os que mais contribuem para o aumento da expressão do caráter, enquanto os com valores altos e negativos contribuem para a redução dessa manifestação. Assim, os genitores que apresentam as maiores CGC são os mais favoráveis para uso em programas de melhoramento cujo objetivo seja a seleção de novas linhagens puras em gerações avançadas, no caso de espécies autógamas.

Vários estudos têm sido realizados para avaliar a capacidade combinatória de genótipos de soja, visando à obtenção de subsídios para estabelecimento de estratégias eficientes de seleção. Entre esses trabalhos, destacam-se aqueles realizados para a obtenção de linhagens resistentes à *Cercospora sojina* (MARTINS FILHO, 1991), tolerantes à ferrugem asiática (RIBEIRO *et al.*, 2009; VIEIRA, 2009), linhagens mais produtivas (LOPES *et al.*, 2002) e com teor mais elevado de proteínas (PIOVESAN, 2000) e óleo nos grãos (LOPES *et al.*, 2002).

Ressalta-se que dos trabalhos que utilizam a análise dialélica para avaliação de genitores e suas progênes são, em sua maioria, aplicados em gerações F₁ ou F₂. Em gerações F₂, a contribuição dos efeitos de dominância para a média e para a variância reduz-se à 1/2 e à 1/4, respectivamente, em relação à geração F₁. Isso porque, em média, 50% dos locos que estavam em heterozigose na geração F₁ se tornam homozigóticos na geração F₂. Desse modo, a CEC na geração F₂ não é estimada em toda a sua plenitude, uma vez que depende, principalmente, dos efeitos de dominância. Entretanto, a CGC, que depende, sobretudo, dos efeitos aditivos, é mais bem estimada na geração F₂ (FREIRE FILHO, 1988).

3.4. Estudos de correlação

O sucesso de um programa de melhoramento fundamenta-se primordialmente na existência de variabilidade genética, que possibilita ao melhorista a seleção e, conseqüentemente, a obtenção de materiais genéticos superiores.

A correlação é um parâmetro estatístico que mede o grau de associação entre duas variáveis. Diz-se que duas variáveis estão correlacionadas quando a variação em uma delas é acompanhada por variação simultânea na outra (RAMALHO *et al.*, 2008). A estimação de correlações é importante no estabelecimento de estratégias mais adequadas para a condução de um programa de melhoramento e para a avaliação de respostas indiretas em caracteres de baixa herdabilidade ou com problema de identificação e medição (CRUZ, 2005; RAMALHO *et al.*, 2008). Ela permite, em alguns casos, progressos mais rápidos do que a seleção para o caráter desejado.

Em estudos genéticos é necessário distinguir duas causas de correlação entre características: a genética e a de ambiente. A causa de correlação genética é, principalmente, o pleiotropismo, embora ligações gênicas sejam uma causa de correlação transitória, especialmente em populações originadas de cruzamentos entre linhagens divergentes. Pleiotropismo é a propriedade pela qual um gene afeta duas ou mais características, de modo que, se o gene estiver segregando, ele causará variação simultânea nas características que afeta. O grau de correlação originado do pleiotropismo expressa a quantidade pela qual duas características são influenciadas pelos mesmos genes. Contudo, a correlação resultante do pleiotropismo expressa o efeito total de todos os genes em segregação, que afetam ambas as características. O ambiente é uma causa de correlação, pela qual duas características são influenciadas pelas mesmas diferenças de condições de ambiente. A correlação resultante de causas de ambiente é o efeito total de todos os fatores variáveis de ambiente, e alguns tendem a causar correlação positiva e outros, negativa (FALCONER, 1987).

A associação entre duas características que pode ser observada diretamente é a correlação de valores fenotípicos, ou correlação fenotípica. A correlação fenotípica é determinada pelas medidas das duas características em número de indivíduos da população (CRUZ, 2005).

O coeficiente de correlação de produtos de momentos de Pearson (r), ou apenas coeficiente de correlação de Pearson, é a medida de correlação mais comumente utilizada e descreve a relação linear entre pares de variáveis para dados quantitativos, sem qualquer requerimento concernente à escala de medida ou tipo da distribuição básica dos dados (ZIMMERMANN, 2004; WITTE; WITTE, 2005).

Independentemente da variável analisada, r estará sempre contido entre os valores +1 e -1 (ZIMMERMAN, 2004; COSTA, 2005; WITTE; WITTE, 2005; VIRGILLITO, 2008), sendo adimensional (CRUZ *et al.*, 2004). Duas propriedades são aplicadas a r : o sinal indica o tipo de relação linear, se é positiva ou negativa; e o valor, sem considerar o sinal, indica a força dessa relação. Quanto mais próximo um valor de r está de -1 ou +1, mais forte (mais regular) é a relação entre as variáveis. Reciprocamente, quanto mais próximo o valor de r fica em relação a 0, mais fraca (menos regular) é essa relação (WITTE; WITTE, 2005).

Diz-se que a correlação entre X e Y é positiva, se os valores maiores de X tendem a ser pareados com os valores maiores de Y, ou os valores menores de X e Y tendem a ser pareados também. Entretanto, se os valores maiores de X tendem a ser pareados com os valores menores de Y e vice-versa, então a medida de correlação é negativa, dizendo-se, assim, que X e Y são negativamente correlacionados. Quando X e Y são independentes, em que os valores de X parecem ser pareados aleatoriamente com os valores de Y, a medida de correlação deve ser próxima de zero, e X e Y não apresentarão correlação linear entre as variáveis (ZIMMERMANN, 2004).

Ressalta-se que duas variáveis podem estar altamente correlacionadas e, no entanto, pode não haver entre elas relação de causa e efeito (COSTA, 2005). A correlação indica apenas a tendência de que as duas variáveis apresentam quanto à sua variação conjunta (COSTA NETO, 1999).

Os trabalhos de correlação entre caracteres de soja visam, em geral, correlacionar caracteres que determinam a produção de grãos, óleo e proteína. Miranda (2008), avaliando o cultivar UFVS 2012 e a linhagem CS3035PTA276-1-5-2, observou correlação negativa entre o teor de óleo e proteína de grãos de soja ($r = -0,78$). Carvalho *et al.* (2002) avaliaram duas linhas puras de soja, observando correlação fenotípica positiva entre a produtividade de grãos e a altura de plantas na floração e altura de plantas na maturação ($r = 0,68$ e $0,65$, respectivamente). Esses autores inferiram que, para fins de seleção de linhagens mais produtivas, a altura de

plantas na floração é mais eficiente que na maturação. Almeida (2008), avaliando a correlação de caracteres de 12 cultivares de soja, concluiu que a seleção de plantas de florescimento tardio e com maior altura de inserção da primeira vagem, em virtude das correlações positiva e significativa entre essas características e a produção de grãos, possibilitaria a seleção indireta para o caráter produção de grãos.

Em plantas forrageiras, os trabalhos de correlação visam correlacionar caracteres agronômicos e morfológicos com características que determinam a qualidade da forragem e, ou, da silagem. Tomich *et al.* (2003a) avaliaram as características agronômicas e morfológicas de 13 genótipos de girassol para determinar sua utilização como planta forrageira para ensilagem. Observaram correlações positivas entre a altura das plantas e as produções de matéria verde ($r = 0,41$; $P < 0,05$) e altura de plantas e matéria seca ($r = 0,52$; $P < 0,05$). Santos *et al.* (2010), avaliando a produtividade e características agronômicas de variedades de milho, observaram correlação positiva entre a produção de massa seca e altura da planta ($r = 0,44$, $P < 0,05$). Fonseca *et al.* (2002), avaliando o desempenho de cultivares de milho para a produção de silagem, observaram correlação positiva entre a altura de plantas e a quantidade de fibra em detergente neutro das silagens ($r = 0,46$, $P \leq 0,01$). No entanto, não ocorreu correlação significativa entre as porcentagens de fibra em detergente neutro das silagens e a produtividade de matéria seca, evidenciando-se a possibilidade, via melhoramento de plantas, de se alterar a altura de plantas e reduzir a porcentagem de fibra em detergente neutro, sem que ocorra diminuição significativa na produção de matéria seca por hectare. Foi verificada correlação negativa ($r = -0,30$; $P \leq 0,05$) entre as porcentagens de proteína e de fibra em detergente neutro, evidenciando-se que cultivares com elevada porcentagem de proteína apresentaram baixa porcentagem de fibra em detergente neutro.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Delineamento experimental

O experimento foi conduzido no Campo Experimental “Professor Diogo Alves de Mello”, situado a 20°45’20”S e 42°52’53”W, altitude de 650 m, no Campus da Universidade Federal de Viçosa (UFV), em Viçosa, MG, no ano agrícola 2009-2010 (Figura 1a). Os tratamentos foram cinco cultivares de soja (Sambaíba, Luziânia, Tucunaré, UFV 16 e UFVS 2003) e 20 progênies F₃ (10 híbridos e seus recíprocos) híbridos obtidos do cruzamento em dialelo completo entre os cinco cultivares (Tabela 1). Os cultivares escolhidos para a condução deste trabalho foram fornecidos pelo Programa de Melhoramento de Soja da UFV, sendo previamente caracterizados quanto ao potencial de produção de forragem e silagem. As principais características desses cultivares estão apresentadas no Tabela 2.

Tabela 1 - Esquema de dialelo completo com recíprocos envolvendo cinco cultivares de soja

Genitores	Sambaíba	Luziânia	Tucunaré	UFV 16	UFVS 2003
Sambaíba	Y ₁₁	Y ₁₂	Y ₁₃	Y ₁₄	Y ₁₅
Luziânia	Y ₂₁	Y ₂₂	Y ₂₃	Y ₂₄	Y ₂₅
Tucunaré	Y ₃₁	Y ₃₂	Y ₃₃	Y ₃₄	Y ₃₅
UFV 16	Y ₄₁	Y ₄₂	Y ₄₃	Y ₄₄	Y ₄₅
UFVS 2003	Y ₅₁	Y ₅₂	Y ₅₃	Y ₅₄	Y ₅₅

O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com 25 tratamentos (5 genitores, 10 híbridos e 10 híbridos recíprocos) e três repetições. Cada parcela foi constituída de uma fileira de 3 m, com espaçamento de 0,5 m, sendo distribuídas 15 sementes por metro. A fileira constituiu a parcela útil.

Tabela 2 - Principais características dos cultivares

Descritores	BRS Sambaíba	BRS GO Luziânia (CIPA)	UFV 16 (Capinópolis)	BRSMT Tucunaré	UFVS 2003
Grupo de maturação	Tardio	Tardio	Precoce/medio	Médio	tardio
Estado de adaptação	GO, DF	GO, DF	MG, GO, MT	MT	MG, GO, MT
Cor do hipocótilo	Verde	Roxo	Verde	Verde	Roxo
Cor da flor	Branca	Roxa	Branca	Branca	Roxa
Cor da pubescência	Marrom	Marrom	Marrom	Marrom	Marrom
Cor da vagem	Marrom-clara	-	Marrom	Marrom-clara	Marrom
Cor do tegumento da semente	Amarela	Amarela	Amarela	Amarela	Amarela
Cor do Hilo	Marrom	Marrom	Preto	Preto	Marrom
Massa de 100 sementes (g)	13,00	16,14	15,4	15,5	12,9
Hábito de crescimento	Determinado	Determinado	Determinado	Determinado	Determinado
Altura da planta (cm)	-	78	81	65 a 75	77
Resistência ao amamamento	Boa	Boa	Boa	Resistente	Boa
Resistência à deiscência da vagem	Boa	-	Boa	Resistente	Boa
Teor de óleo da semente	19,00	23,35	22,71	24,7	19,47
Teor de proteína da semente	37,00	42,03	37,19	41,25	43,41
Reação à pústula bacteriana	Resistente	Resistente	Resistente	Resistente	Resistente
Reação ao cancro da haste	Resistente	Resistente	Resistente	Resistente	Resistente
Reação ao nematóide do cisto	Suscetível	Suscetível	Suscetível	Resistente à raça R1-3	Suscetível
Exigência em fertilidade do solo	Média/alta	alta	Média/alta	Média/alta	Média/alta
Mês de semeadura	Nov. ¹ -dez.	Nov.-dez.	Out.-dez.	Out.-nov.	Out.-dez.
Plantas por hectare	250.000	280.000 a 320.000	240.000 a 320.000	200.000 a 400.000	240.000 a 320.000

Fonte: SEDIYAMA *et al.*, 2001; MAPA, 2002; MAPA, 2011; prospectos dos cultivares.

Antes da semeadura, as sementes foram tratadas com o fungicida thiabendazole, na dose recomendada pelo fabricante. A adubação no sulco de plantio foi constituída de 18 g m⁻¹ do formulado NPK 8-28-16.

Os demais tratos culturais (controle de plantas daninhas, pragas, doenças e irrigação) foram realizados de acordo com as exigências da cultura (EMBRAPA, 2004).

4.2. Ensilagem da soja

A colheita de cada cultivar ou híbrido foi realizada no estágio R6 da escala de Fehr e Caviness (1977). As plantas foram cortadas a 5 cm do solo, com facão, e picadas em ensiladeira EN-12, da marca Nogueira (Figura 1bc). Obtiveram-se partículas com tamanho médio de 0,8 cm. Após a picagem, o material oriundo de cada parcela foi pesado para determinação do rendimento de massa verde ha⁻¹. Uma amostra de 500 g foi seca em estufa com circulação forçada de ar a 60 °C, por 72 horas, para realização da pré-secagem conforme a metodologia descrita por Silva e Queiroz (2002). Em seguida, o material foi moído em moinho de facas equipado com peneira de malha de 1 mm e utilizado para determinação da composição bromatológica (matéria seca, proteína bruta, extrato etéreo, carboidratos solúveis em água, fibra em detergente neutro e fibra em detergente ácido) da forragem e da silagem, segundo metodologias propostas por Silva e Queiroz (2002). Na ocasião da colheita para a ensilagem, também foi realizada a medição da altura das plantas.

Os silos experimentais (Figuras 1d e 1e) foram constituídos de sacos plásticos com dimensão de 0,40 x 0,28 m e espessura de 0,1 mm e hermeticamente vedados em embaladora a vácuo, da marca *Vaccum Sealer*. A massa de cada silo foi de 700 g de forragem. Os silos foram mantidos em temperatura ambiente em área coberta, por um período de 60 dias após a ensilagem. Na ocasião da abertura dos silos, uma amostra de 300 g foi seca em estufa com circulação forçada de ar a 60 °C, por 72 horas, para realização da pré-secagem conforme a metodologia descrita por Silva e Queiroz (2002). Após a secagem, o material foi moído em moinho de facas, equipado com peneira de malha de 1 mm. No material moído, foram efetuadas determinações de matéria seca, proteína bruta, extrato etéreo, carboidratos solúveis

em água, fibra em detergente neutro e fibra em detergente ácido, segundo metodologias propostas por Silva e Queiroz (2002). Outra amostra de aproximadamente 100 g de massa fresca foi congelada em sacos plásticos para posterior determinação do pH e do nitrogênio amoniacal das silagens.

4.3. Determinação da composição bromatológica da forragem e da silagem de soja

As determinações de matéria seca, proteína bruta, fibra em detergente neutro, fibra em detergente ácido, extrato etéreo e carboidratos solúveis nas amostras das forragens e das silagens foram realizadas segundo metodologias descritas por Silva e Queiroz (2002).

Para determinação do pH silagem, uma amostra de 25 g de matéria fresca foi homogeneizada em liquidificador com 225 mL de água destilada por um minuto. O pH foi medido diretamente no extrato aquoso. Posteriormente, o material foi filtrado em gaze hidrófila e acondicionado em frascos plásticos de 50 mL, nos quais foi adicionada uma gota de ácido sulfúrico concentrado. Esse filtrado permaneceu em geladeira para posterior determinação do nitrogênio amoniacal.

Para determinação dos carboidratos solúveis em água, utilizou-se a metodologia adaptada de Silva e Queiroz (2002): cerca de 1 g de amostra seca ao ar foi pesado e acondicionado em potes autoclaváveis. Adicionaram-se 70 mL de solução de oxalato de amônio 0,5%. Os potes foram levados à autoclave vertical marca Fanem, modelo 415, a $0,5 \text{ kg cm}^{-2}$ de pressão (aproximadamente $105 \text{ }^\circ\text{C}$) por duas horas. Após esfriar, a solução obtida foi filtrada em papel-filtro quantitativo do tipo “Whatman 54”. Uma porção de 2 mL desse extrato foi retirada e colocada em tubos de ensaio. Acrescentaram-se, então, 10 mL de solução de antrona (antrona, tiourea e ácido sulfúrico). As amostras foram incubadas em banho-maria a $60 \text{ }^\circ\text{C}$, por 20 minutos ou até a viragem da cor (amarelo para verde-azulado), sendo realizada a leitura das absorbâncias no comprimento de onda de 625 nm em espectrofotômetro colorimétrico marca Bel Photonics SP 1105. Os valores de carboidratos solúveis foram obtidos tomando-se como base os das leituras das soluções-padrão de glicose 0,005% e 0,010%. Para a determinação do nitrogênio

amoniacoal (N-NH₃), utilizou-se a metodologia descrita por Chaney e Marbach (1962). A concentração final de N-NH₃ foi expressa em porcentagem de nitrogênio total.

4.4. Determinação do perfil fermentativo das silagens

Para determinação dos ácidos orgânicos (acético, láctico e butírico), 25 g de silagem fresca foram colocados em 225 mL de água destilada e homogeneizados em liquidificador durante um minuto. O extrato aquoso resultante foi filtrado em gaze hidrófila e, em 2 mL deste, foram adicionados 1 mL de solução de ácido metafosfórico 20%, procedendo-se à centrifugação da amostra em seguida. O sobrenadante foi transferido cuidadosamente para novos tubos. Os ácidos orgânicos foram determinados por cromatografia líquida de alto desempenho (HPLC), em cromatógrafo marca Shimadzu SPD-10A VP acoplado ao Detector Ultra Violeta, utilizando-se comprimento de onda de 210 nm. Foi usada uma coluna C-18 de fase reversa, com pressão de 24 kgf e fluxo de 0,8 mL/minuto, sendo injetados 20 µL da amostra. A fase móvel foi constituída de água contendo 1% de ácido ortofosfórico.

4.5. Qualificação das silagens

Esta qualificação foi feita de acordo com a metodologia proposta por Tomich *et al.* (2003b). Nela, esses autores propuseram classificar a eficiência da fermentação ocorrida durante a estocagem baseada nos resultados do pH associado ao teor de matéria seca, teor de nitrogênio amoniacoal em porcentagem de nitrogênio total e teores de ácidos acético e butírico da silagem. A classificação adveio do somatório das pontuações individuais obtidas da análise dos resultados dessas variáveis (Tabela 3). De acordo com a pontuação, as silagens foram classificadas em excelente, boa, regular, ruim e péssima (Tabela 4).



a-Área do experimento



b- Plantas após a colheita



c- Picagem das plantas para ensilagem



d- Processo de ensilagem e silo experimental



e- Aspecto do silo experimental e da silagem após 60 dias do início da ensilagem

Figura 1 - Etapas do experimento.

Tabela 3 - Qualificação da fermentação da silagem baseada no pH associado ao teor de matéria seca, no teor de nitrogênio amoniacal como proporção do nitrogênio total (N-NH₃/NTotal) e no teor de ácido butírico e ácido acético

1- Valor de pH associado ao teor de matéria seca					
Valor de pH	Teor de matéria seca (%)				Pontuação
	<20	20-30	30-40	40	
	≤ 4,0	≤ 4,2	≤ 4,4	≤ 4,6	25
	4,0-4,2	4,2-4,4	4,4-4,6	4,6-4,8	20
	4,2-4,4	4,4-4,6	4,6-4,8	4,8-5,0	15
	4,4-4,6	4,6-4,8	4,8-5,0	5,0-5,2	10
	4,6-4,8	4,6-4,8	5,0-5,2	5,2-5,4	5
	>4,8	>5,0	>5,2	>5,4	0
2- Teor de nitrogênio amoniacal como proporção do nitrogênio total (N-NH₃/NTotal)					
N-NH ₃ /NTotal (%)			Pontuação		
<10,0			25		
10,0-13,0			20		
>13,0-17,0			15		
17,0-21,0			10		
21,0-25,0			5		
25,0			0		
3- Teor de ácido butírico (% MS)					
Ácido butírico (% MS)			Pontuação		
0,0-0,1			50		
0,1-0,3			40		
0,3-0,5			30		
0,5-0,7			20		
0,7-0,9			10		
>0,9			0		
4- Teor de ácido acético (% MS)					
Ácido acético			Pontuação		
≤2,5			0		
2,5-4,0			-5		
4,0-5,5			-10		
5,5-7,0			-15		
7,0-8,5			-20		
>8,5			-25		

Fonte: TOMICH *et al.*, 2003b.

Tabela 4 - Qualificação da fermentação de silagens, conforme proposto por Tomich *et al.* (2003b)

Pontuação total	Qualificação	Descrição
100-90	Excelente	Perdas insignificantes de matéria seca e energia. A qualidade da fração proteica mantém-se original durante a armazenagem.
89-70	Boa	Perdas mínimas de matéria seca e, ou, de energia e, ou, pequena alteração na qualidade da fração proteica, sem prejuízo significativo para o valor nutritivo.
69-50	Regular	Perda de matéria seca e, ou, de energia que compromete o valor nutritivo.
49-30	Ruim	Considerável alteração no valor nutritivo, representada por perdas significativas de matéria seca e, ou, energia e redução no valor nutritivo da fração proteica, podendo ter o seu consumo comprometido
<30	Péssima	Processo fermentativo totalmente inadequado à conservação. Baixo valor nutritivo e, provavelmente, uma silagem que não será consumida pelos animais.

Fonte: TOMICH *et al.*, 2003b.

4.6. Análises estatísticas

4.6.1. Análise de variância

Os dados foram submetidos à análise de variância utilizando-se o Programa Genes (CRUZ, 2006a), para se constatar a existência de variabilidade genética significativa entre os tratamentos. Nas variáveis que apresentaram efeitos significativos dos tratamentos, as médias foram agrupadas pelo método de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

4.6.2. Análise dialélica

As análises de capacidade combinatória foram realizadas de acordo com o método 1, proposto por Griffing (1956). Considerou-se o modelo fixo, em que os genitores são deliberadamente escolhidos e não podem ser considerados como amostra ao acaso da população. O método 1, de Griffing (1956), envolve, além dos n genitores, os $n(n-1)/2$ híbridos e seus recíprocos, e a análise de variância foi realizada segundo o modelo:

$$Y_{ij} = \mu + g_i + g_j + s_{ij} + r_{ij} + \varepsilon_{ij}$$

em que:

μ = efeito da média geral;

g_i e g_j = efeitos da capacidade geral de combinação (CGC) associados aos genitores i e j ;

s_{ij} = efeito da capacidade específica de combinação (CEC) entre os genitores i e j ; e

r_{ij} = efeito recíproco manifestado no cruzamento ij ; e

ε_{ij} = erro experimental médio.

As médias por tratamento e repetição das gerações F₃ foram submetidas à análise de variância das capacidades geral e específica de combinação no Programa Genes (CRUZ, 2006a).

4.6.3. Correlação

Para avaliar o grau de associação entre as variáveis, foram estimados os coeficientes de correlação de Pearson (r) de acordo com as seguintes situações:

- 1- Entre as variáveis altura de plantas, produtividade de matéria seca e as relacionadas com a forragem de plantas de soja: matéria seca, fibra em detergente neutro, fibra em detergente ácido, proteína bruta, carboidratos solúveis em água e pH.
- 2- Entre as variáveis relacionadas com a silagem de plantas de soja: matéria seca, fibra em detergente neutro, fibra em detergente ácido, proteína bruta, extrato etéreo, carboidratos solúveis em água, nitrogênio amoniacal em porcentagem de nitrogênio total, ácido lático, ácido acético, ácido butírico e pH.
- 3- Entre as variáveis avaliadas na forragem e aquelas avaliadas na silagem.

A análise foi realizada no Programa Genes (CRUZ, 2006b). A significância das correlações foi testada pelo teste t a 5 e 1% de probabilidade.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Altura de plantas, produtividade de matéria seca e composição bromatológica da forragem de soja

Houve efeitos significativos ($P < 0,05$) de tratamentos sobre as variáveis, exceto sobre a produtividade de matéria seca (PMS) (Tabela 5). A PMS (Tabela 6) apresentou média geral de $8,86 \text{ t ha}^{-1}$. As populações originárias do cruzamento entre os cultivares Luziânia x UFV 16 apresentaram a maior média: $10,99 \text{ t ha}^{-1}$. Santos e Vieira (1982) avaliaram o crescimento e a qualidade nutritiva de plantas de soja em diferentes estádios de desenvolvimento. A PMS dos cultivares Hardee e Santa Rosa, no estágio R6, foi de $8,49$ e $9,42 \text{ t ha}^{-1}$, respectivamente. Mello Filho (2006) avaliou 22 materiais genéticos de soja colhidos para ensilagem no estágio R6. A PMS média foi de $7,63 \text{ t ha}^{-1}$. Cultivares americanos, como Derry e Tyrone (DEVINE *et al.*, 1998a; DEVINE *et al.*, 1998b) e Donegal (DEVINE; HATLEY, 1998), desenvolvidos para a produção de forragem e adaptados a diferentes localidades daquele país, apresentam PMS média de 10 t ha^{-1} . Tobía e Villalobos (2004) e Tobía *et al.* (2006) relataram que a PMS de forragem de soja varia de 5 a 13 t ha^{-1} , na Venezuela e Costa Rica.

A altura de plantas variou de $89,33$ a $113,81 \text{ cm}$. No agrupamento das médias dessa variável, formaram-se 11 grupos. Entre os genitores, o cultivar Luziânia apresentou a menor altura de plantas ($89,33 \text{ cm}$) e o cultivar UFVS 2003, a maior ($99,15 \text{ cm}$). Entre os híbridos, os provenientes do cruzamento entre os cultivares Luziânia x UFV16 e UFVS 2003 x Tucunaré mostraram a menor e maior média na altura de plantas: $91,28 \text{ cm}$ e $113,81 \text{ cm}$, respectivamente. Darnosarkoro *et al.* (2001), avaliando grupos de cultivares de soja, constataram que os cultivares destinados à produção de forragem apresentam altura de plantas de 37 a 69% mais altas que a observada naqueles destinados à produção de grãos. Mello Filho (2006) enfatizou que, embora os cultivares de maior porte apresentem maior produtividade

Tabela 5 - Resumo da análise de variância de altura de plantas, produtividade de matéria seca, matéria seca e composição bromatológica de forragem de soja

FV	GL	Quadrado médio						
		ALT	PMS	MS	PB	FDN	FDA	CSO
Bloco	2	182,39	12,73	7,49	0,90	53,63	23,48	6,89
Tratamento	24	135,32**	3,31 ^{ns}	9,48**	6,19**	28,65**	10,31*	3,96**
Resíduo	48	37,56	2,46	1,14	1,87	11,62	4,98	0,58
Média Geral		101,84	8,86	19,87	16,76	54,70	25,45	8,18
CV (%)		6,02	17,69	5,36	8,15	6,23	8,77	9,32

ALT: altura de plantas no estágio R6 (cm); MS: matéria seca (%); PMS: produtividade de matéria seca (t ha⁻¹); PB: proteína bruta (% MS); FDN: fibra em detergente neutro (% MS); FDA: fibra em detergente ácido (% MS); e CV: coeficiente de variação. ^{ns} não significativo; ** e * significativos pelo teste F, a P≤0,01 e P<0,05, respectivamente.

Tabela 6 - Médias de altura de plantas, produtividade de matéria seca e composição bromatológica de forragem de soja

Tratamento	ALT	PMS	MS	PB	FDN	FDA	CSO
	cm	t ha ⁻¹	%		% MS		
Sambaíba	95,28 i	9,86	18,25 c	16,53 b	52,47 d	24,14 c	9,11 a
Sambaíba x Luziânia	101,46 g	8,72	17,77 c	16,74 b	57,55 b	28,79 a	6,55 b
Sambaíba x Tucunaré	99,74 h	7,98	17,41 c	14,76 b	59,54 a	29,45 a	5,25 b
Sambaíba x UFV 16	100,92 g	9,63	18,70 c	16,00 b	56,40 b	26,66 b	7,51 b
Sambaíba x UFVS 2003	102,54 f	8,72	17,11 c	16,25 b	59,91 a	28,54 a	6,84 b
Luziânia x Sambaíba	102,75 f	7,91	20,16 b	17,22 b	57,01 b	26,77 b	9,61 a
Luziânia	89,33 k	9,74	18,21 c	14,81 b	52,45 d	24,66 c	9,00 a
Luziânia x Tucunaré	106,40 d	8,18	18,49 c	16,10 b	60,46 a	26,32 b	8,34 a
Luziânia x UFV 16	91,28 j	6,48	20,76 b	18,48 a	51,42 e	22,81 d	8,46 a
Luziânia x UFVS 2003	92,31 j	8,35	22,89 a	18,60 a	49,52 e	21,98 d	9,22 a
Tucunaré x Sambaíba	102,88 f	9,70	21,46 b	19,07 a	55,83 b	25,38 c	10,26 a
Tucunaré x Luziânia	99,68 h	7,07	20,83 b	16,79 b	56,07 b	25,92 b	8,47 a
Tucunaré	89,94 k	8,16	18,28 c	15,94 b	51,14 e	25,07 c	7,98 a
Tucunaré x UFV 16	110,61 b	10,09	22,51 a	16,27 b	56,17 b	26,36 b	7,98 a
Tucunaré x UFVS 2003	104,79 e	8,84	23,30 a	15,97 b	57,13 b	26,22 b	7,37 b
UFV 16 x Sambaíba	103,47 f	8,99	20,17 b	16,68 b	52,02 d	22,71 d	9,66 a
UFV 16 x Luziânia	109,28 c	10,99	20,88 b	17,17 b	53,45 c	23,75 d	9,21 a
UFV 16 x Tucunaré	107,17 d	8,61	22,70 a	16,45 b	56,16 b	25,92 b	8,58 a
UFV 16	94,39 i	7,34	18,57 c	13,47 b	50,74 e	24,50 c	7,98 a
UFV 16 x UFVS 2003	104,65 e	9,02	21,11 b	19,45 a	49,89 e	23,30 d	8,35 a
UFVS 2003 x Sambaíba	108,5 c	8,84	20,00 b	18,32 a	54,28 c	25,05 c	7,20 b
UFVS 2003 x Luziânia	109,19 c	9,99	19,35 c	18,81 a	52,45 d	24,30 c	8,34 a
UFVS 2003 x Tucunaré	113,81 a	10,03	19,27 c	16,36 b	55,60 b	25,37 c	8,28 a
UFVS 2003 x UFV16	106,50 d	9,53	19,74 c	17,30 b	55,85 b	25,91 b	6,30 b
UFVS 2003	99,15 h	8,75	18,78 c	15,51 b	53,94 c	26,31 b	8,56 a

ALT: altura de plantas no estádio R6; MS: matéria seca; PMS: produtividade de matéria seca; PB: proteína bruta; FDN: fibra em detergente neutro; e FDA: fibra em detergente ácido. Médias seguidas pela mesma letra na coluna pertencem ao mesmo grupo, segundo o método de agrupamento de Scott-Knott (P<0,05).

de matéria seca, apresentem maior produtividade de matéria seca, deve-se atentar para o acamamento desses cultivares. Se esses cultivares forem suscetíveis ao acamamento, a colheita mecanizada é mais difícil e há queda na qualidade da forragem, devido ao contato das folhas com o solo.

O teor de matéria seca (MS) da forragem, no momento da ensilagem, tem influência sobre a fermentação e conservação da massa ensilada. O teor de MS variou de 17,11 a 23,30%, com média geral de 19,87%. As médias foram agrupadas em três grupos. O grupo com as maiores médias foi formado pelos híbridos oriundos do cruzamento entre os cultivares Luziânia x UFVS 2003, Tucunaré x UFVS 2003 e Tucunaré x UFV 16 e UFV 16 x Tucunaré. O grupo com as menores médias foi formado pelos híbridos oriundos dos cruzamentos entre os cultivares Sambaíba x Luziânia, Sambaíba x Tucunaré, Sambaíba x UFV 16, Sambaíba x UFVS 2003, Luziânia x Tucunaré, UFVS 2003 x Luziânia, UFVS 2003 x Tucunaré, UFVS 2003 x UFV16, além dos cinco genitores. Os teores de MS observados apresentaram valores abaixo daqueles registrados por outros autores. O teor MS de 22 genótipos de soja colhidos no estágio de desenvolvimento R6 e do cultivar DM 339 foi de 24,95% e 26,52% (MELLO FILHO, 2006; ROSA 2010).

A média do teor de proteína bruta (PB) dos materiais genéticos foi de 16,76%, variando de 13,47% a 19,45% (Tabela 6). As médias formaram dois grupos ($P < 0,05$). A média do teor de PB está dentro da faixa de valores encontrados por Dias *et al.* (2010) e Rosa (2010), de 14,10% e 15,09% de PB, respectivamente.

Os teores de fibra em detergente neutro (FDN) variaram de 49,52 a 60,46% e os de fibra em detergente ácido (FDA), de 21,98% a 29,45% (médias de 54,70% e 25,45%, respectivamente – Tabela 6). As médias de FDN foram agrupadas em cinco grupos e as de FDA, em quatro grupos. Os maiores teores de FDN foram observados entre os híbridos provenientes do cruzamento entre os cultivares Luziânia x Tucunaré e Sambaíba x Tucunaré (60,46% e 59,91% de FDN, respectivamente). Quanto ao teor de FDA, os híbridos provenientes do cruzamento entre os cultivares Sambaíba x Tucunaré e Sambaíba x Luziânia apresentaram as maiores médias (29,45% e 28,79%, respectivamente). Mello Filho, avaliando 22 materiais genéticos de soja, observou valores médios de 55,06% e 49,4% nos teores de FDN e FDA, respectivamente, em quanto Rosa (2010) verificou valores de FDN e FDA no cultivar DM 339 de 45,73% e 31,66%, respectivamente. Em cultivares americanos

destinados à produção de forragem avaliados em dois locais de cultivo, Sheaffer *et al.* (2001) observaram valores de 54,65% de FDN e 46,90% de FDA.

O teor de carboidratos solúveis em água (CSO) das plantas forrageiras é de fundamental importância no processo de ensilagem, pois são os principais substratos utilizados pelas bactérias do ácido láctico para a produção desse ácido e a conservação da forragem (ANDRIGUETTO *et al.*, 2002; ÁVILA *et al.*, 2003). Os materiais genéticos apresentaram média de CSO de 8,18%. Os híbridos originados do cruzamento entre os cultivares Tucunaré x Sambaíba e Sambaíba x Tucunaré foram os que apresentaram os maiores e menores teores de CSO (10,26% e 5,25%, respectivamente). Os resultados estão dentro dos valores apresentados por outros autores: Mello Filho (2006), 7,54%; e Rosa (2010), 7,67%, em forragem de plantas de soja.

5.2. Composição bromatológica e perfil fermentativo da silagem de soja

Foram observados efeitos significativos de tratamentos sobre todas as variáveis referentes à silagem de soja (Tabela 7).

Ao comparar a composição bromatológica da forragem (Tabela 6) e da silagem de plantas de soja (Tabela 8), nota-se variação nos teores de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA). Os teores de PB, FDN e FDA diminuíram na silagem, ao passo que o teor de MS aumentou.

Ao final do processo de ensilagem, a silagem resultante pode apresentar valor nutritivo muito semelhante ao material original. Perdas no campo, respiração, fermentação, efluentes e deterioração aeróbica são as principais fontes de perdas do valor nutritivo da silagem (WOOLDFORD, 1984).

O teor de MS após a ensilagem aumentou de 19,87% no material original (Tabela 5) para 21,88% na silagem (Tabela 8). As médias foram agrupadas em quatro grupos (Tabela 8). O grupo das maiores médias foi formado pelos híbridos originados do cruzamento entre os cultivares Luziânia x UFV 16, Luziânia x UVS 2003, Tucunaré x UFV 16 e Tucunaré x UFVS 2003 e UFV 16 x Luziânia.

Tabela 7 - Resumo da análise de variância da composição bromatológica e do perfil fermentativo de silagens de soja

FV	GL	Quadrado médio									
		MS	PB	EE	FDN	FDA	N-NH ₃ / NTotal	LAT	ACE	BUT	pH
Bloco	2	7,50	3,73	0,17	18,27	2,65	1,72	0,009	0,0004	0,0000	0,05
Tratamento	24	8,37**	3,30**	6,20**	36,61**	17,25**	3,58**	0,885**	0,3274**	0,0004**	0,35**
Resíduo	48	1,81	1,47	1,57	4,85	1,84	0,89	0,002	0,0002	0,0000	0,02
Média Geral		21,88	14,77	6,40	50,05	24,61	3,62	2,05	0,54	0,033	5,26
CV (%)		6,15	8,22	19,60	4,40	5,52	26,18	2,21	2,68	8,81	2,42

MS: matéria seca; PB: proteína bruta; EE: extrato etéreo; FDN: fibra em detergente neutro; FDA: fibra em detergente ácido; LAT: ácido lático, ACE: ácido acético; BUT: ácido butírico; e N-NH₃/NTotal: nitrogênio amoniacal em porcentagem de nitrogênio total. ^{ns} não significativo; ^{**} e ^{*} significativos pelo teste F, a P<0,01 e P<0,05, respectivamente.

Tabela 8 - Médias da composição bromatológica e do perfil fermentativo de silagens de soja

Tratamento	MS	PB	EE	FDN	FDA	N-NH ₃	LAT	ACE	BUT	pH
	%	% MS				% NTotal	% MS			
Sambaíba	21,54 b	15,09 a	6,48 b	50,15 c	23,32 c	2,26 b	2,60 c	0,56 g	0,017 d	4,88 d
Sambaíba x Luziânia	20,36 c	15,66 a	4,96 b	48,37 c	23,59 c	3,35 b	2,49 d	0,43 h	0,034 c	4,77 d
Sambaíba x Tucunaré	19,16 d	13,51 b	4,60 b	49,09 c	25,19 c	3,49 b	1,43 l	0,29 k	0,039 b	5,07 d
Sambaíba x UFV 16	21,00 c	13,34 b	5,52 b	48,71 c	23,73 c	2,36 b	1,74 i	0,82 f	0,045 a	4,88 d
Sambaíba x UFVS 2003	18,97 d	12,77 b	5,27 b	55,23 b	28,51 b	4,79 a	2,40 d	0,39 i	0,032 c	5,26 b
Luziânia x Sambaíba	22,91 b	14,56 a	5,34 b	52,72 b	26,07 c	4,30 a	2,44 d	0,56 g	0,038 b	5,69 a
Luziânia	20,36 c	14,78 a	7,82 a	49,21 c	21,60 d	1,84 b	3,56 a	0,89 e	0,018 d	4,71 d
Luziânia x Tucunaré	19,76 d	13,04 b	8,74 a	54,28 b	25,37 c	4,92 a	2,94 b	0,45 h	0,038 b	5,07 c
Luziânia x UFV 16	23,98 a	15,26 a	4,36 b	47,67 c	22,98 d	4,80 a	1,35 m	0,34 j	0,019 d	5,61 a
Luziânia x UFVS 2003	24,46 a	16,89 a	8,10 a	43,70 e	21,17 d	5,93 a	1,53 k	0,43 h	0,022 d	5,58 a
Tucunaré x Sambaíba	18,77 d	14,84 a	8,13 a	49,49 c	24,29 c	4,00 a	1,87 h	0,26 l	0,034 c	5,63 a
Tucunaré x Luziânia	22,78 b	14,43 a	6,79 a	49,65 c	24,22 c	4,52 a	1,79 i	0,93 d	0,036 b	5,51 a
Tucunaré	21,01 c	14,66 a	7,53 a	46,31 d	21,59 d	2,21 b	1,57 k	0,98 c	0,016 d	4,74 a
Tucunaré x UFV 16	23,41 a	13,50 b	7,16 a	54,00 b	27,24 b	3,82 a	2,54 c	0,08 o	0,053 a	5,43 b
Tucunaré x UFVS 2003	24,36 a	13,80 b	7,69 a	59,22 a	31,72 a	5,14 a	2,46 d	0,34 j	0,052 a	5,64 a
UFV 16 x Sambaíba	22,96 b	14,41 a	7,23 a	44,43 e	21,75 a	4,55 a	1,68 j	1,21 a	0,021 d	5,16 c
UFV 16 x Luziânia	24,03 a	14,95 a	6,01 b	46,67 d	23,47 c	2,86 b	2,18 e	0,25 l	0,035 c	4,90 d
UFV 16 x Tucunaré	22,74 b	15,78 a	5,01 b	55,39 b	27,98 b	3,24 b	1,94 g	0,15 n	0,045 b	5,66 a
UFV 16	22,01 b	14,77 a	7,71 a	49,49 c	24,29 c	2,45 b	2,05 f	0,54 g	0,033 c	5,25 b
UFV 16 x UFVS 2003	22,69 b	17,02 a	5,74 b	46,24 d	22,70 d	4,07 a	1,21 n	0,80 f	0,022 d	5,61 a
UFVS 2003 x Sambaíba	21,71 b	15,35 a	5,73 b	51,52 c	25,44c	3,92 a	1,76 i	0,17 n	0,042 b	5,44 b
UFVS 2003 x Luziânia	21,78 b	15,31 a	5,09 b	49,06 c	24,77 c	3,21 b	1,52 k	0,23 m	0,043 b	5,35 b
UFVS 2003 x Tucunaré	22,53 b	15,16 a	9,15 a	50,62 c	24,99 c	3,66 a	2,17 e	0,88 e	0,022 d	5,48 b
UFVS 2003 x UFV16	22,74 b	15,44 a	5,66 b	50,62 c	25,14 c	2,67 b	2,13 e	0,23 m	0,050 a	5,42 b
UFVS 2003	20,98 c	14,84 a	4,23 b	49,36 c	24,06 c	2,18 b	1,96 g	1,17 b	0,013 e	4,83 d

MS: matéria seca; PB: proteína bruta; EE: extrato etéreo; FDN: fibra em detergente neutro; FDA: fibra em detergente ácido; LAT: ácido láctico, ACE: ácido acético; BUT: ácido butírico; e N-NH₃/NTotal: nitrogênio amoniacal em porcentagem de nitrogênio total. Médias seguidas pela mesma letra na coluna pertencem ao mesmo grupo, segundo o método de agrupamento de Scott-Knott (P<0,05).

O grupo das menores médias foi formado pelos híbridos originados do cruzamento entre os cultivares Sambaíba x Tucunaré, Sambaíba x UFVS 2003, Luziânia x Tucunaré e Tucunaré x Sambaíba. Em trabalho conduzido por Mello Filho (2006), o teor de MS da silagem não se alterou em relação ao material original. No entanto, Rosa (2010) observou diminuição no teor de MS da silagem de soja em relação ao material, caindo de 26,52% para 22,23%. Segundo Dias *et al.* (2010), o aumento da MS na silagem em relação ao material original ocorre devido à concentração dos componentes, em virtude da perda de compostos solúveis.

A média do teor de extrato etéreo (EE) das silagens foi de 6,47% (Tabelas 8), sendo as médias agrupadas em dois grupos. O alto teor de EE é esperado na soja, pois suas sementes apresentam alta concentração de óleo e representam grande parte da MS total nos estádios finais de desenvolvimento da cultura. Segundo Tobía *et al.* (2008), o teor EE relativamente elevado da silagem de soja é uma importante propriedade, uma vez que esta representa contribuição de alta energia em fórmulas balanceadas para alimentação animal. O teor de extrato etéreo final em rações concentradas para vacas leiteiras não deve exceder 5%, pois quantidades superiores podem diminuir a digestão da fibra e, até mesmo, o consumo de matéria seca (OPLINGER *et al.*, 1992). Segundo Souza (2008), à medida que se elevou o nível de inclusão de silagem de soja no volumoso, em dietas para bovinos, o consumo de MS foi reduzido. Esse autor ainda afirmou que a silagem de soja pode ser utilizada como fonte única de volumoso em dietas de novilhos azebuados na fase de terminação, constituindo 60% da matéria seca da dieta. Assim como observado nas forragens de plantas de soja, valores variáveis de EE foram encontrados na literatura para suas silagens: 10% (OPLINGER *et al.*, 1992), 8,64% (MELLO FILHO, 2006), 9% (RIGUEIRA, 2007) e 7,92% (ROSA, 2010).

O teor de PB na silagem apresentou diminuição de 2,0 unidades percentuais em relação à forragem (Tabelas 5 e 7). A média foi de 14,77%. As médias foram agrupadas em dois grupos. O grupo das menores médias foi formado pelos híbridos originados do cruzamento entre os cultivares Sambaíba x Tucunaré, Sambaíba x UFV 16, Sambaíba x UFVS 2003, Luziânia x Tucunaré, Tucunaré x UFV 16 e Tucunaré x UFVS 2003. A diminuição no teor de PB da silagem em relação ao material original pode ser devida ao aumento da proteólise ocasionada por enterobactérias.

Os teores de FDN e FDA diminuíram na silagem em relação à forragem em 4,65 e 0,84 unidades percentuais, respectivamente (Tabelas 5 e 7). As médias do teor

de FDN e FDA foram de 50,05% e 26,61%, respectivamente. Os teores de FDN e FDA nas silagens podem diminuir em relação à forragem, pois a hemicelulose, pois as hemiceluloses, que representam uma das frações da fibra em detergente neutro, são a fonte adicional de substrato para a fermentação (HENDERSON, 1993).

A conservação de forragens na forma de silagem depende de um rápido abaixamento do pH entre 3,7 a 4,2. A acidificação do meio inibe o crescimento de microrganismos como clostrídios e enterobactérias, que produzem produtos não desejáveis na fermentação (McDONALD *et al.*, 2002). O pH das silagens apresentou média de 5,26 (Tabela 7). No agrupamento de médias, quatro grupos foram formados (Tabela 8). O grupo das maiores médias foi formado pelos híbridos originados do cruzamento entre os cultivares Luziânia x Sambaíba, UFV 16 x Tucunaré, Tucunaré x UFVS 2003, Tucunaré x Sambaíba, UFV16 x UFVS 2003, Luziânia x UFV 16, Luziânia x UFVS 2003 e Tucunaré x Luziânia. Forragens com alto teor de proteínas e minerais, como ocorre com a soja, são mais difíceis de ensilar devido ao alto poder-tampão atribuído aos ácidos orgânicos málico, cítrico e fosfórico e, em algumas leguminosas, às altas quantidades de ácido glicérico (COSENTINO, 1978). Esse elevado poder-tampão é causado por aminoácidos residuais e pela presença de cátions, como K^+ , Ca^{2+} e Mg^{2++} . Eles neutralizam os ácidos orgânicos produzidos durante a fermentação, dificultando a queda do pH (LIMA, 1992). Nayigihugu *et al.* (2002), avaliando as silagens produzidas de sete cultivares de soja, observaram variação de pH de 4,3 a 4,7 após 33 dias de ensilagem.

A média de nitrogênio amoniacal em porcentagem de nitrogênio total (N-NH₃/NTotal) foi de 3,62%. No agrupamento de médias, dois grupos foram formados (Tabela 8). A média ficou abaixo daquelas de 7,25 e 9,25% observadas por Mello Filho (2006) e Rosa (2010), respectivamente. Em geral, considera-se que silagens com menos de 10% de N-NH₃/NTotal apresentaram fermentação eficiente para a conservação do material ensilado (TOMICICH *et al.*, 2003b), demonstrando baixa redução nos níveis de proteína verdadeira ao longo da fermentação (GUIMARÃES JÚNIOR *et al.*, 2005).

A média do teor de ácido láctico (LAT) foi de 2,05% (Tabela 7). No agrupamento de médias foram formados 14 grupos. O grupo das maiores médias foi formado pelo genitor Luziânia e o das menores, pelos híbridos originados do cruzamento entre os cultivares UFV 16 x UFVS 2003 (Tabela 8). Segundo Tomich *et al.* (2003b), embora o teor de ácido láctico seja utilizado para a avaliação da qualidade

da fermentação, a quantidade desse ácido necessária para reduzir o pH rapidamente e inibir os processos que promovem a deterioração do material ensilado altera-se com a capacidade de tamponamento da forrageira e com a umidade da silagem.

Os teores de ácido acético (ACE) e butírico (BUT) variaram de 0,08% a 1,21% e 0,013% a 0,053%, respectivamente. No agrupamento de médias, 16 grupos foram formados para o teor de ACE e cinco para BUT (Tabela 8). Esses valores estão próximos dos verificados por Rosa (2010). A produção de ácido butírico na silagem deve-se à atuação de bactérias do gênero *Clostridium* que atuam sobre açúcares residuais e, ou, sobre o ácido láctico. O ácido acético está sempre presente na silagem e surge da atuação de bactérias do grupo coliforme sobre o álcool no meio, mas também pode ser formado por outros microrganismos. Apesar de conservar bem a silagem, quando o ácido acético ocorre em altas concentrações, assim como o ácido butírico, é indicativo de que ocorreram mudanças indesejáveis na qualidade da silagem (ANDRIGUETTO *et al.*, 2002).

Considerando a classificação proposta por Tomich *et al.*, (2003b), as silagens apresentaram fermentação eficiente, considerando-se o valor de pH associado aos teores de matéria seca, de nitrogênio amoniacal e de ácidos butírico e acético. Assim, as silagens foram classificadas como de boa fermentação, obtendo-se pontuações entre 75 e 85, levando em consideração essas características. A qualificação das silagens como de boa fermentação indica perdas mínimas de matéria seca e, ou, de energia ou pequena alteração na qualidade da fração proteica, sem prejuízo significativo do valor nutritivo da forragem, na sua forma conservada (TOMICH *et al.*, 2003b). Esses resultados indicam que é possível conservar satisfatoriamente a forragem de plantas de soja na forma de silagem.

5.3. Análise dialélica

5.3.1. Capacidade geral e específica de combinação para altura de plantas, produtividade de matéria seca e composição bromatológica de forragem de soja

Foi observado efeito significativo da capacidade geral de combinação (CGC), Tabela 9, na altura de plantas no estádio R6 (ALT), na fibra detergente neutro (FDN) e matéria seca (MS). A análise de variância da CGC e da CEC revela a importância dos efeitos da capacidade combinatória e do efeito recíproco sobre o caráter estudado. A magnitude dos componentes quadráticos evidencia a maior importância dos efeitos não aditivos em relação aos demais (CRUZ; REGAZZI, 1994). A significância da CGC implica que pelo menos um dos cultivares difere dos demais no que se refere à concentração de genes favoráveis à característica em avaliação, independentemente do tipo de dominância desses genes. Além disso, ela indica que efeitos aditivos dos alelos e ações epistáticas do tipo aditivo estão envolvidos no controle dos caracteres, o que possibilita a obtenção de linhagens superiores (GRIFFING, 1956; CRUZ; VENCOVSKY, 1989; VENCOVSKY; BARRIGA, 1992).

Para Mello Filho (2006), a magnitude dos quadrados médios da CGC e CEC expressa a variabilidade dos efeitos gênicos aditivos e não aditivos, respectivamente. Quando o quadrado médio da CGC é maior que o quadrado médio da CEC, diz-se que há maior variabilidade dos efeitos gênicos aditivos. Caso contrário, diz-se que há predominância dos efeitos gênicos não aditivos. O efeito da CGC foi maior que o da CEC sobre a MS e a FDN. Esses resultados indicam que há predominância dos efeitos gênicos aditivos. Para a ALT, maior variabilidade foi observada nos genes que apresentam efeitos predominantemente não aditivos. Esse fato, segundo Mello Filho (2006), pode tornar a seleção para essas características ineficiente para gerações precoces.

Tabela 9 - Resumo da análise de variância da capacidade geral (CGC) e específica (CEC) de combinação para altura de plantas, produtividade de matéria seca e composição bromatológica de forragem de soja

FV	GL	Quadrado médio						
		ALT	PMS	MS	PB	FDN	FDA	CSO
Tratamento	24	135,35 ^{**}	3,30 ^{ns}	9,481 ^{**}	6,19 [*]	28,66 ^{ns}	10,30 ^{ns}	3,94 ^{**}
CGC	4	100,11 [*]	0,98 ^{ns}	9,961 ^{**}	3,59 ^{ns}	37,33 ^{**}	13,61 ^{ns}	2,20 ^{ns}
CEC	10	164,15 ^{**}	2,72 ^{ns}	8,413 ^{**}	8,84 [*]	33,63 ^{**}	9,89 ^{ns}	1,70 ^{ns}
Recíproco	10	120,64 ^{**}	4,83 ^{ns}	10,357 ^{**}	4,59 ^{ns}	20,22 ^{ns}	9,39 ^{ns}	6,90 ^{**}
Resíduo	48	28,38	43,09	1,00	2,84	1,00	23,94	1,00

ALT: altura de plantas no estágio R6 (época da ensilagem); PMS: produtividade de matéria seca (t ha⁻¹); MS: matéria seca (%); PB: proteína bruta; FDN: fibra em detergente neutro; FDA: fibra em detergente ácido; e CSO: carboidratos solúveis em água. ^{ns} não significativo; ^{**} e ^{*} significativos pelo teste F, a p≤0,01 e p<0,05, respectivamente.

Mello Filho (2006) avaliou materiais genéticos de soja em cruzamentos dialélicos parciais divididos em dois grupos (grupo I, constituído de duas linhagens de alto valor protéico; e grupo II, formado por 11 cultivares). Obteve maior variabilidade dos efeitos gênicos aditivos dos carboidratos solúveis (CSO), proteína bruta (PB) e extrato etéreo (EE), nos dois grupos de variedades. No grupo 1 houve maior variabilidade dos efeitos não aditivos dos genes nos teores de FDN e FDA.

Sprague e Tatum (1942) afirmaram que parentais com estimativas de CGC altas e positivas são os que mais contribuem para o aumento da expressão do caráter, enquanto os com valores altos e negativos colaboram para diminuir sua manifestação. Analisando Tabela 9, verificou-se que o cultivar UFVS 2003 apresentou a maior estimativa da capacidade geral de combinação (\hat{G}_i) na ALT (2,218) e o cultivar UFV 16, na MS (0,502). Assim, esses cultivares são indicados para utilização em cruzamentos quando se desejam ganhos nessas características na forragem de soja. Segundo Mello Filho (2006), cultivares de soja mais altos em geral apresentam maior produtividade de matéria seca.

A fibra em detergente neutro (FDN) indica a quantidade total de fibra dentro do volumoso, o que se relaciona diretamente com o consumo pelos animais. Valores em torno de 50% de FDN é considerado como bom nível nos alimentos (CRUZ; PEREIRA FILHO, 2001; JAREMTCHUK *et al.*, 2005). Dessa forma, ao se selecionarem genitores visando ao melhoramento dessa característica na forragem de soja são desejados valores baixos de CGC. Os cultivares UFV 16 e UFVS 2003 foram os que apresentaram menores estimativas \hat{G}_i com relação ao teor de FDN (-1,414).

Foi observado efeito significativo da CEC (Tabela 9) para ALT, FDN e MS ($0,01 \leq P < 0,05$) e PB ($P < 0,01$). As estimativas da CEC (\hat{S}_{ij} ou \hat{s}_{ij}) estão apresentadas na Tabela 11. As demais variáveis analisadas não mostraram significância da CEC, indicando a ausência de efeitos gênicos de dominância no controle dessas características. Cruz e Vencovsky (1989) afirmaram que o efeito da CEC é interpretado como o desvio de um cruzamento em relação ao que seria esperado com base na CGC dos seus genitores. Assim, o híbrido mais favorável é o que apresenta maior \hat{S}_{ij} , no qual um dos genitores apresenta a maior \hat{G}_i . Esse híbrido resulta do cruzamento entre o genitor selecionado com base na CGC e aquele cuja frequência de alelos favoráveis é superior à frequência média da população e apresenta considerável divergência em relação à variedade com a qual está sendo cruzada. Contudo, nem sempre dois genitores de alta \hat{G}_i , quando cruzados, originam o melhor híbrido do dialelo.

Tabela 10 - Estimativas dos efeitos da capacidade geral de combinação (σ_i) da altura de plantas, produtividade de matéria seca e composição bromatológica de forragem de soja

Genitor	Estimativas (σ_i)						
	ALT	PMS	MS	PB	FDN	FDA	CSO
Sambaíba	-0,5588*	0,160	-0,941**	0,048	1,050*	0,7154	-0,067
Luziânia	-2,7398*	-0,144	-0,114**	0,191	-0,415*	-0,452	0,444
Tucunaré	0,6552*	-0,179	0,369**	-0,397	1,226*	0,660	-0,127
UFV 16	0,4252*	-0,059	0,502**	-0,288	-1,414*	-0,806	0,025
UFVS 2003	2,2182*	0,221	0,167**	0,446	-0,447*	-0,119	-0,274

ALT: altura de plantas no estágio R6 (época da ensilagem); MS: matéria seca (%); PMS: produtividade de matéria seca ($t\ ha^{-1}$); PB: proteína bruta; FDN: fibra em detergente neutro; FDA: fibra em detergente ácido; e CSO: carboidratos solúveis em água. ** e * significativos pelo teste t, a $p \leq 0,01$ e $p < 0,05$, respectivamente.

Tabela 11 - Estimativas dos efeitos da capacidade específica de combinação (σ_{ii} ou σ_{ij}) de altura de plantas, produtividade de matéria seca e composição bromatológica da forragem de soja

<i>Tratamentos</i>	Estimativas σ_{ii} ou σ_{ij}						
<i>Genitores</i>	ALT	PMS	MS	PB	FDN	FDA	CSO
Sambaíba	-5,443	0,679	0,263	-0,328	-4,328	-2,738	1,066
Luziânia	-7,031	1,167	-1,431	-2,334	-1,418	0,116	-0,064
Tucunaré	-13,211	-0,343	-2,363	-0,028	-6,010	-1,698	0,058
UFV 16	-8,301	-1,403	-2,303	-2,716	-1,130	0,664	-0,246
UFVS 2003	-7,127	-0,553	-1,423	-2,144	-0,136	1,100	0,932
<i>Combinações Híbridas (♂x♀)</i>							
Sambaíba x Luziânia	3,563**	-0,562	0,151**	-0,021*	1,947**	2,069	-0,477
Sambaíba x Tucunaré	-0,627**	-0,002	0,120**	0,502*	0,711**	0,592	-0,228
Sambaíba x Ufv 16	0,488**	0,348	0,005**	-0,182*	-0,124**	-0,672	0,450
Sambaíba x UFVS 2003	2,020**	-0,462	-0,540**	0,029*	1,794**	0,751	-0,816
Luziânia x Tucunaré	3,284**	-0,913	-0,482**	-0,111*	2,756**	0,464	-0,09
Luziânia x Ufv 16	0,754**	0,077	0,563**	1,160*	-0,434**	-0,910	0,190
Luziânia x UFVS 2003	-0,569**	0,232	1,200**	1,306*	-2,851**	-1,737	0,434
Tucunaré x Ufv 16	5,969**	0,727	1,847**	0,283*	-1,655**	0,838	0,206
Tucunaré x UFVS 2003	4,586**	0,532	0,877**	0,646*	0,888**	-0,194	0,050
Ufv 16 x UFVS 2003	1,091**	0,252	-0,113**	1,455*	0,033**	0,082	-0,602
<i>Recíprocos (♀x♂)</i>							
Luziânia x Sambaíba	-0,645**	0,405	-1,195**	-0,240	0,270**	1,010	-1,530**
Tucunaré x Sambaíba	-1,570**	-0,860	-2,025**	-2,155	1,855**	2,035	-2,505**
Ufv 16 x Sambaíba	-1,275**	0,320	-0,735**	-0,340	2,190**	1,975	-1,075**
UFVS 2003 x Sambaíba	-2,980**	-0,060	-1,445**	-1,035	2,815**	1,175	-0,180**
Tucunaré x Luziânia	3,360**	0,555	-1,170**	-0,345	2,195**	0,200	-0,065**
Ufv 16 x Luziânia	-9,000**	-2,255	-0,060**	0,655	-1,015**	-0,470	-0,375**
UFVS 2003 x Luziânia	-8,440**	-0,820	1,770**	-0,105	-1,465**	-1,160	0,440**
Ufv16 x Tucunaré	1,720**	0,740	-0,095**	-0,090	0,005**	0,220	-0,300**
UFVS 2003 x Tucunaré	-4,510**	-0,595	2,030**	-0,195	0,765**	0,425	-0,455**
UFVS 2003 x Ufv 16	-0,925**	-0,255	0,685**	1,075	-2,980**	-1,305	1,025**

ALT: altura de plantas no estágio R6 (época da ensilagem); PMS: produtividade de matéria seca (t ha⁻¹); MS: matéria seca (%); PB: proteína bruta; FDN: fibra em detergente neutro; FDA: fibra em detergente ácido; e CSO: carboidratos solúveis em água. ** e * significativos pelo teste t, a p<0,01 e p<0,05, respectivamente.

A CEC depende, principalmente, dos efeitos de dominância. Segundo Freire Filho (1988), a estimativa da CEC em gerações F_2 ou gerações mais avançadas não é estimada em toda a sua plenitude. Isso é devido à redução, com o avançar das gerações, dos efeitos de dominância da média e da variância. Assim, em gerações F_2 , por exemplo, os efeitos de dominância da média e da variância são reduzidos a $1/2$ e a $1/4$, respectivamente, em relação à geração F_1 . Isso porque, em média, 50% dos locos que estavam em heterozigose na geração F_1 tornaram-se homozigóticos na geração F_2 . Entretanto, a CGC, que depende principalmente dos efeitos aditivos, é mais bem estimada na geração F_2 (FREIRE FILHO, 1988).

Tendo em vista o maior ganho nas características de maior importância para a produção de forragem, o híbrido Tucunaré x UFVS2003 é o que apresenta maior potencial de sucesso, uma vez que mostrou estimativas de s_{ij}^2 altas e positivas, que possibilitam incrementos de 4,58 cm na altura de plantas, 0,8777% de MS e 0,646% de PB. Nota-se que, assim como afirmado por Cruz e Vencovsky (1989), esse híbrido se mostra favorável, por apresentar estimativas s_{ij}^2 altas e positivas, e um dos genitores possui estimativa s_i^2 alta e positiva. Porém, ao analisar o cruzamento recíproco desse híbrido (UFVS 2003 x Tucunaré) observou-se incremento apenas na PB (2,03%). As demais características exibiram estimativas s_{ij}^2 negativas, não possibilitando incrementos.

Vale ressaltar que foi verificada significância dos híbridos recíprocos (Tabela 9) nas plantas de soja, quanto ao teor de MS, ALT e carboidratos solúveis (CSO). Segundo Ramalho *et al.* (2000), pequeno grupo de caracteres é herdado graças aos genes ou produtos gênicos presentes no citoplasma do gameta. Como o gameta feminino contribui com quase a totalidade do citoplasma para o descendente, o modo de herança desses caracteres, à primeira vista, se processa de modo diferente daqueles controlados por genes nucleares. Assim, para se constatar esse tipo de herança é preciso verificar se há diferença entre os resultados de um cruzamento e seu recíproco. Assim, se a herança de um caráter é controlada por genes nucleares, os resultados de um cruzamento e seu recíproco serão idênticos. Entretanto, se for um caso em que a herança do caráter é devida a efeitos citoplasmáticos, os resultados dos cruzamentos recíprocos serão diferentes, isto é, os descendentes de cada cruzamento terão sempre o mesmo fenótipo do genitor feminino, que contribui com o citoplasma. Esse tipo de herança pode ser explicado por dois mecanismos: o efeito materno e a herança extracromossômica. O efeito materno é o tipo de herança controlada por

genes nucleares da mãe, porém são responsáveis por certas condições do citoplasma do óvulo, provavelmente produtos gênicos. Essas condições é que determinam a expressão fenotípica de alguns caracteres do filho, independentemente dos genes doados pelo pai. Os caracteres que apresentam herança extracromossômica são devidos a genes situados em organelas do citoplasma, e as principais portadoras desses genes são as mitocôndrias e os plastos. Em soja, a herança de caracteres de importância agrônômica como teor de óleo e proteína nos grãos são exemplos conhecidos, em que o efeito materno é considerado a principal explicação de resultados de cruzamentos recíprocos (RAMALHO *et al.*, 2008). A significância dos cruzamentos e dos híbridos recíprocos obtidos nesse trabalho indica a possível existência de herança de efeitos citoplasmáticos ou de efeito materno na MS, na ALT e nos CSO.

Cruz e Vencovsky (1989) afirmaram que um aspecto que deve ser estudado com maior ênfase é o efeito da capacidade de combinação de uma variedade com ela mesma (h_{ii}), que, em alguns casos, tem sido julgado como estimativa sem significado. Essa estimativa é de fundamental importância para indicar a direção dos desvios de dominância. Ela será negativa quando os desvios forem predominantemente positivos e positiva quando forem negativos. Na Tabela 11, pode-se verificar que, nas variáveis ALT, MS, FDN e PB, que apresentaram efeito significativo da CEC, o efeito h_{ii} foi negativo em todos os genitores apenas nas variáveis ALT, FDN e PB, indicando a dominância unidirecional e heterose positiva. A magnitude dessas estimativas indica o grau de divergência genética dos genitores em relação à média dos demais.

Poucos trabalhos relatam o uso de cruzamentos dialélicos para a seleção de genitores de soja na produção de forragem e silagem, uma vez que essa linha de pesquisa ainda é muito incipiente no Brasil.

Mello Filho (2006) realizou cruzamentos em esquema dialélico parcial entre dois grupos de materiais genéticos de soja. O grupo I foi formado por duas linhagens previamente selecionadas para alto teor de proteína nos grãos, UFVPTA 182 e UFVPTN 3005. O grupo II foi formado pelos cultivares A 7002, Luziânia, Msoy 8001, Msoy 8400, Msoy 8914, Sambaíba, Tucunaré, UFV 16, UFVS 2001, UFVS 2003 e UFVTN 104. A partir da progênie F_2 , os genitores foram avaliados quanto às capacidades geral e específica de combinação. Esse autor concluiu que, para o incremento de características importantes na produção de forragem, os genitores

UFVPTN 3005, A7002 e Tucunaré apresentam maior potencial de sucesso, no aumento do teor de carboidratos solúveis. Nesse caso, os cultivares UFVPTA 182, Tucunaré, Luziânia e UFVS 2003 são os mais indicados, visando-se alto teor proteico. O genitor Sambaíba apresentou potencial mais elevado para a PMS. Para a redução de FDN e FDA, os genitores UFVPTA 182 e A7002 são mais indicados; e para extrato etéreo, UFVPTA 182, UFV16 e Tucunaré. Para a obtenção de maior ganho na maioria das características avaliadas, os genitores UFVPTA 182, Sambaíba, Tucunaré e Luziânia foram os mais promissores para serem utilizados num programa de melhoramento que vise à produção de silagem de soja.

5.3.2. Capacidade geral e específica de combinação da composição bromatológica e do perfil fermentativo de silagens de soja

O efeito da capacidade geral de combinação (CGC) foi significativo a 1% de probabilidade (Tabela 12) no teor de proteína bruta (PB) e extrato etéreo (EE). As estimativas da CGC (\hat{g}_i) estão apresentadas na Tabela 13. Quanto ao teor de PB foi observada maior variabilidade dos genes com efeitos predominantemente aditivos. Ao passo que, com relação ao teor de EE, verificou-se maior variabilidade dos genes com efeitos predominantemente não aditivos.

Os cultivares UFV 16 e Luziânia apresentaram as maiores estimativas \hat{g}_i para a variável PB (0,495 e 0,0492, respectivamente), sendo, desse modo, o genitor mais indicado entre os avaliados, para utilização em cruzamentos que visem ao aumento do teor de PB da silagem.

Segundo Tobía *et al.* (2008), o teor de EE relativamente elevado na silagem de soja é importante, uma vez que representa uma contribuição de alta energia em fórmulas balanceadas para alimentação animal. Embora sejam desejados altos teores de EE na silagem, ao buscar genitores de soja visando ao melhoramento para essa característica deve-se dar prioridade a genitores que possibilitem a diminuição no teor de EE, pois, em geral, a silagem de soja apresenta altos teores de EE. Isso ocorre, provavelmente, devido à utilização de cultivares destinados à produção de grãos. Estes, em sua maioria, contêm alto teor de gordura, o que influencia a composição da silagem. Assim, visando à diminuição do teor de EE na silagem, os

cultivares UFV 16 e UFVS 2003 apresentaram as menores estimativas σ_i para essas características. Logo, eles são indicados como genitores quando o desejo é diminuir os teores dessas características nas silagens.

Houve efeitos significativos da capacidade específica de combinação, bem como dos híbridos recíprocos (Tabela 12), apenas nas variáveis PB, EE e N-NH₃/NTotal. As estimativas σ_{ii} do efeito da capacidade de combinação de um cultivar com ele mesmo (σ_{ii}) e as estimativas da capacidade específica de combinação (σ_{ij}) estão na Tabela 14.

Quando se deseja aumentar o teor de PB na silagem, os híbridos originados do cruzamento entre os cultivares Luziânia x UFVS 2003 são os mais indicados, pois possibilitam incremento de 1,264% e 1,225%, respectivamente, no teor de PB da silagem resultante de suas forragens. Para diminuição do teor de EE, os híbridos originados do cruzamento entre os cultivares UFVS 2003 x Luziânia, UFVS 2003 e Sambaíba x UFVS 2003 e Tucunaré foram os que apresentaram as menores estimativas da CEC, contribuindo com a redução de 4,475%, 4,330% e 4,420% no teor de EE da silagem, respectivamente.

Tabela 12 - Resumo da análise de variância da capacidade geral (CGC) e específica (CEC) de combinação da composição bromatológica e perfil fermentativo de silagens de soja

FV	GL	Quadrado médio									
		MS	PB	EE	FDN	FDA	pH	N-NH ₃ / NTotal	LAT	ACE	BUT
Tratamento	24	8,368 ^{ns}	13,03 ^{**}	31,00 ^{**}	38,61 ^{ns}	17,27 ^{ns}	0,348 ^{ns}	3,580 ^{**}	0,91 ^{ns}	0,33 ^{ns}	0,0004 ^{ns}
CGC	4	14,618 ^{ns}	7,98 ^{**}	57,17 ^{**}	27,90 ^{ns}	18,07 ^{ns}	0,210 ^{ns}	1,097 ^{ns}	1,23 ^{ns}	0,44 ^{ns}	0,0002 ^{ns}
CEC	10	8,519 ^{ns}	11,34 ^{**}	4,30 ^{**}	51,89 ^{ns}	21,22 ^{ns}	0,399 ^{ns}	4,777 ^{**}	1,10 ^{ns}	0,60 ^{ns}	0,0004 ^{ns}
Recíproco	10	5,716 ^{ns}	16,73 ^{**}	47,24 ^{**}	29,61 ^{ns}	12,99 ^{ns}	0,354 ^{ns}	3,375 ^{**}	0,59 ^{ns}	0,17 ^{ns}	0,0004 ^{ns}
Resíduo	48	21,18	1,00	4,03	48,6	22,74	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

MS: matéria seca; PB: proteína bruta; EE: extrato etéreo; FDN: fibra em detergente neutro; FDA fibra em detergente ácido; N-NH₃/NTotal: quantidade de nitrogênio amoniacal em porcentagem de nitrogênio total; LAT: ácido lático; ACE: ácido acético; e BUT: ácido butírico. ** e * significativos pelo teste F, a p<0,01 e p<0,05, respectivamente.

Tabela 13 - Estimativas dos efeitos da capacidade geral de combinação (\hat{G}_i) da composição bromatológica e do perfil fermentativo de silagens de soja

Genitores	Estimativas \hat{G}_i									
	MS	PB	EE	FDN	FDA	pH	N-NH ₃ / NTotal	LAT	ACE	BUT
Sambaíba	-0,988	-0,733**	0,878**	-0,062**	-0,086	-0,108	-0,095	0,064	-0,0097	-0,0007
Luziânia	0,198	0,492**	1,179**	-0,994**	-1,123	-0,065	0,135	0,302	0,0058	-0,0026
Tucunaré	-0,327	-0,182**	0,817**	1,388**	0,811	0,029	0,099	-0,010	-0,0027	0,0022
UFV 16	0,877	0,495**	-2,015**	-0,777**	-0,250	0,059	-0,293	-0,231	-0,387	0,0028
UFVS 2003	0,240	-0,072**	-0,857**	0,445**	0,649	0,089	0,153	-0,125	0,0453	-0,0016

MS: matéria seca; PB: proteína bruta; EE: extrato etéreo; FDN: fibra em detergente neutro; FDA: fibra em detergente ácido; N-NH₃/NTotal: quantidade de nitrogênio amoniacal em porcentagem de nitrogênio total; LAT: ácido lático; ACE: ácido acético; e BUT: ácido butírico. ** e * significativos pelo teste t, a $p \leq 0,01$ e $p < 0,05$, respectivamente.

Tabela 14 - Estimativas dos efeitos da capacidade específica de combinação (σ_{ii} ou σ_{ij}) da composição bromatológica e do perfil fermentativo de silagens de soja

Tratamentos	Estimativas σ_{ii} ou σ_{ij}									
<i>Genitores</i>	MS	PB	EE	FDN	FDA	pH	N-NH₃/NTotal	LAT	ACE	BUT
Sambaíba	1,636	2,025	-1,228	0,226	-1,115	-0,159	-1,176	0,432	0,043	-0,014
Luziânia	-1,916	-0,513	-1,700	1,150	-0,761	-0,415	-2,055	0,924	0,343	-0,009
Tucunaré	-0,216	0,380	-0,836	-6,514	-4,639	-0,567	-1,609	-0,457	0,450	-0,022
UFV 16	-1,624	-0,142	0,528	0,996	0,183	-0,123	-0,581	0,066	0,085	-0,006
UFVS 2003	-1,380	0,457	-1,788	-1,578	-1,845	-0,603	-1,753	0,169	0,543	-0,017
Combinações Híbridas ($\sigma_{x\alpha}$)										
Sambaíba x Luziânia	0,545	0,823**	0,596**	1,553**	1,432**	0,148	0,162**	0,064	-0,035	0,007
Sambaíba x Tucunaré	-1,600	0,777**	-0,161**	-2,084**	-0,592**	0,097	0,118**	-0,439	-0,248	0,002
Sambaíba x Ufv 16	0,211	-0,414**	-0,105**	-2,639**	-1,531**	-0,201	0,221**	-0,161	0,523	-0,001
Sambaíba x UFVS 2003	-0,792	-3,211**	0,897**	2,944**	1,805**	0,114	0,675**	0,105	-0,288	0,006
Luziânia x Tucunaré	-0,481	-1,164**	0,187**	1,523**	0,500**	0,074	0,863**	0,035	0,151	0,004
Luziânia x Ufv 16	1,050	-0,411**	0,264**	-1,107**	-0,009**	0,006	0,365**	-0,341	-0,205	-0,006
Luziânia x UFVS 2003	0,802	1,264**	0,651**	-6,514**	-1,163**	0,186	0,664**	-0,682	-0,254	0,004
Tucunaré x Ufv 16	0,645	-0,258**	-0,059**	4,036**	2,442**	0,205	0,105**	0,445	-0,381	0,011
Tucunaré x UFVS 2003	1,652	0,265**	0,868**	3,039**	2,289**	0,190	0,524**	0,416	0,027	0,004
Ufv 16 x UFVS 2003	-0,282	1,225**	-0,630**	-1,286**	-1,086**	0,112	-0,110**	-0,008	-0,027	0,002
Recíprocos ($\sigma_{\alpha x}$)										
Luziânia x Sambaíba	-1,275	0,549**	-1,135**	-2,175**	-1,240**	-0,460	-0,471**	0,027	-0,065	-0,002
Tucunaré x Sambaíba	0,195	-0,667**	-0,275**	-0,200**	0,450**	-0,360	-0,255**	-0,218	0,018	0,002
Ufv 16 x Sambaíba	-0,98	-0,534**	-2,260**	2,140**	0,990**	-0,155	-1,094**	0,031	-0,194	0,012
UFVS 2003 x Sambaíba	-1,370	-4,843**	-4,420**	1,855**	1,535**	-0,090	0,434**	0,322	0,109	-0,005
Tucunaré x Luziânia	-1,510	-0,645**	-0,565**	2,315**	0,575**	-0,220	0,199**	0,577	-0,241	0,001
Ufv 16 x Luziânia	-0,025	0,159**	-2,930**	0,500**	-0,245**	0,355	0,971**	-0,418	0,045	-0,007
UFVS 2003 x Luziânia	1,340	0,901**	-4,475**	-2,680**	-1,800**	0,115	1,361**	0,009	0,098	-0,011
Ufv16 x Tucunaré	0,335	-1,087**	-2,245**	-0,695**	-0,370**	-0,115	0,293**	0,297	-0,033	0,004
UFVS 2003 x Tucunaré	0,915	-0,514**	-4,330**	4,300**	3,365**	0,080	0,712**	0,146	-0,270	0,015
UFVS 2003 x Ufv 16	-0,025	0,842**	0,000**	-2,190**	-1,220**	0,095	0,697**	-0,464	0,284	-0,014

MS: matéria seca; PB: proteína bruta; EE: extrato etéreo; FDN: fibra em detergente neutro; FDA fibra em detergente ácido; N-NH₃/NTotal: quantidade de nitrogênio amoniacal em porcentagem de nitrogênio total; LAT: ácido láctico; ACE: ácido acético; e BUT: ácido butírico. ** e * significativos pelo teste t, a p<0,01 e p<0,05, respectivamente

5.4. Correlações

5.4.1. Correlações entre as características da composição bromatológica da forragem de soja

Na Tabela 15 estão os coeficientes de correlações simples de Pearson das características bromatológica da forragem de soja. Houve correlação positiva entre a altura de plantas no estágio R6 (ALT) e a produtividade de matéria seca (PMS). Do mesmo modo, Tomich *et al.* (2003a) observaram resultado semelhante em estudo com 12 híbridos e uma variedade de girassol ($r = 0,52$, $P < 0,05$), e Santos *et al.* (2010), em estudo com seis variedades de milho ($r = 0,44$, $P < 0,05$).

A correlação positiva e significativa entre os teores de fibra em detergente neutro e fibra em detergente ácido eram esperadas, visto haver relação direta na composição da forragem entre ambas, pois a fibra em detergente ácido representa uma das frações da fibra em detergente neutro. A existência de correlação positiva entre essas duas características pode facilitar os ganhos em ambas. Contudo, deve-se avaliar até que nível esses ganhos serão aceitáveis para que não haja comprometimento do valor nutritivo da forrageira. A correlação positiva entre ALT e FDN indica que a seleção para altura de plantas pode provocar aumento no teor de FDN.

Observaram correlações negativa e significativa entre os teores de FDN e fibra em detergente ácido (FDA) e EE; FDA, FDN e carboidratos solúveis (CSO); FDA e PB; e matéria seca (MS) e proteína bruta.

Tabela 15 - Coeficientes de correlação entre as variáveis altura de plantas, produtividade de matéria seca e características referentes à composição bromatológica da forragem de soja

Características	MS	PMS	FDN	FDA	PB	CSO
ALT	0,254	0,505**	0,433*	0,214	0,248	-0,112
MS		0,048	-0,222	-0,431*	0,453*	0,389
PMS			0,006	-0,064	0,134	0,147
FDN				0,861**	-0,267	-0,456*
FDA					-0,431*	-0,651**
PB						0,316

ALT: altura de plantas no estágio R6; MS: matéria seca; PMS: produtividade de matéria seca; PB: proteína bruta; FDN: fibra em detergente neutro; FDA: fibra em detergente ácido; e CSO: carboidratos solúveis em água. ** e * significativos pelo teste t, a $P \leq 0,01$ e $P \leq 0,05$, respectivamente.

5.4.2. Correlações entre as características da composição bromatológica e do perfil fermentativo de silagens de soja

Na Tabela 16 estão apresentados os coeficientes de correlações simples de Pearson das características referentes à composição bromatológica da silagem de plantas de soja.

Foram observadas correlações positivas significativas entre os teores de fibra em detergente neutro e fibra em detergente ácido, bem como desses teores com o teor de ácido butírico.

Observaram-se correlações positiva e significativa entre os teores de FDN e o teor de ácido láctico (LAT). Essa correlação era esperada, visto que as hemiceluloses que representam uma das frações da fibra em detergente neutro são a fonte adicional de substrato para a fermentação. Vieira *et al.* (2004), avaliando a composição bromatológica e a produção de ácidos orgânicos de silagens de sorgo com e sem aditivo, verificaram correlação negativa entre os teores de ácido láctico e FDN ($r = -0,29$; $01 < P \leq 0,05$) e FDA ($r = -0,37$; $P \leq 0,01$).

O teor de fibra em detergente ácido e o teor de ácido butírico apresentaram correlações positiva e significativa.

Também foram observadas correlações positivas significativas entre os teores de EE e nitrogênio amoniacal em porcentagem de nitrogênio total ($N-NH_3/NTotal$) e entre EE e pH. Segundo Griffin (2000), o alto teor de extrato etéreo da forrageira pode inibir as bactérias da massa ensilada e afetar o processo de fermentação, resultando em silagem com pH elevado.

Correlação negativa significativa foi observada entre os teores de ácidos butírico e acético e entre os teores de PB, FDN e FDA.

Tabela 16 - Coeficientes de correlação entre as variáveis referentes à composição bromatológica e ao perfil fermentativo da silagem de soja

Características	FDN	FDA	PB	EE	pH	N-NH₃	LAT	ACE	BUT
MS	-0,158	-0,174	-0,253	-0,162	-0,008	-0,045	-0,111	0,072	-0,036
FDN		0,931**	-0,503*	-0,192	0,296	0,154	0,482*	-0,295	0,602**
FDA			-0,449*	-0,268	0,411*	0,272	0,240	-0,254	0,695**
PB				0,119	0,285	-0,017	-0,369	0,039	-0,333
EE					0,663**	0,694**	-0,167	-0,309	0,227
pH						0,648**	-0,301	-0,252	0,335
N-NH ₃							-0,195	-0,085	0,147
LAT								-0,126	0,099
ACE									-0,433**

MS: matéria seca; PMS: produtividade de matéria seca; FDN: fibra em detergente neutro; FDA: fibra em detergente ácido; PB: proteína bruta; EE: extrato etéreo; N-NH₃: nitrogênio amoniacal; LAT: ácido lático; ACE: ácido acético; e BUT: ácido butírico. ** e * significativos pelo teste t, a P<0,01 e P< 0,05, respectivamente.

5.4.3. Correlações entre as características da composição bromatológica de forragens e silagens de soja

Na Tabela 17 estão apresentados os coeficientes de correlações entre as características referentes à composição bromatológica antes e depois do processo de ensilagem. Correlação positiva significativa foi observada entre os teores de FDN da forragem e FDA da silagem; FDA da forragem e FDA silagem; PB da silagem e PB da forragem; e correlações negativa e significativa foram observadas entre os teores de FDN e FDA da forragem e PB da silagem.

Esses resultados indicam que o teor de matéria seca da forragem não influenciou as variáveis analisadas na silagem, provavelmente em razão da pouca variação no teor de água entre os tratamentos (de 76,37% a 82,89%), conforme apresentado nas Tabelas 5 e 7. As variáveis FDN, FDA e PB mostraram-se coerentes com a expectativa de a composição da forragem influenciar na composição da silagem. Tal fato facilita o trabalho do melhorista, uma vez que poderá selecionar genótipos superiores na produção de boa silagem, selecionando aqueles que produzem plantas de composição favorável.

Tabela 17 - Coeficientes de correlação de Pearson entre as variáveis referentes à composição bromatológica de forragem e silagem de plantas de soja

Características		Silagem			
		MS	FDN	FDA	PB
Forragem	MS	-0,143	-0,199	-0,170	0,059
	FDN		0,674**	0,649**	-0,685**
	FDA			0,531**	-0,579**
	PB				0,550**

MS: matéria seca; FDN: fibra em detergente neutro; FDA: fibra em detergente ácido; e PB: proteína bruta. ** e * significativos pelo teste t, a $P \leq 0,01$ e $P \leq 0,05$, respectivamente.

6. CONCLUSÕES

As forragens e silagens avaliadas apresentaram composição bromatológica e perfil fermentativo satisfatórios. Assim, infere-se que é possível a obtenção de cultivares de soja que apresentem boa qualidade de forragem, viabilizando seu uso como planta para silagem.

Nos teores de fibra em detergente neutro e de matéria seca nas forragens há maior variabilidade de genes com efeitos predominantemente aditivos, enquanto na altura de plantas e teor de proteína bruta na forragem há maior variabilidade de genes com efeitos predominantemente não aditivos. O cultivar UFVS 2003 apresenta a maior capacidade geral de combinação para maior altura de plantas e o cultivar UFV, 16 para maior teor de matéria seca na forragem e menor teor de fibras em detergente neutro.

Há efeito significativo da capacidade específica de combinação da altura de plantas e teor de matéria seca, de proteína bruta e de fibras em detergente neutro na forragem. Os híbridos dos cruzamentos Tucunaré x UFV 16 e Luziana x Tucunaré apresentam maiores alturas de plantas. Na forragem, os híbridos UFVS 2003 x Luziânia e UFVS 2003 x Tucunaré apresentam maiores teores de matéria seca; os híbridos UFV-16 x UFVS 2003 e Luziânia x UFV-16, os maiores teores de proteína bruta na forragem; e os híbridos Luziânia x UFVS 2003 e UFV-16 x Luziânia, os menores teores de fibras em detergente neutro.

Na silagem, há efeito significativo das capacidades geral e específica de combinação do teor de proteína bruta e extrato etéreo e da capacidade específica de combinação para teor de nitrogênio amoniacal. Existe maior variabilidade dos genes com efeitos predominantemente aditivos sobre os teores de proteína bruta e nitrogênio amoniacal e não aditivos sobre o teor de extrato etéreo.

Os cultivares UFV 16 e Luziânia são indicados como progenitores para o maior teor de proteína bruta; UFV 16 e UFVS 2003, o são quando se deseja diminuir o teor de extrato etéreo nas silagens; UFV-16 e Luziânia, para a redução do teor de fibras em detergente neutro; os híbridos Luziânia x UFVS 2003 e UFV-16 x UFVS 2003, para aumentar o teor de proteína bruta na silagem; e o híbrido UFVS 2003 x Luziânia, para diminuição dos teores de fibras em detergente neutro e extrato etéreo.

Há correlação significativa entre várias características relacionadas à qualidade nutritiva da forragem e da silagem de soja, o que permite a utilização da seleção indireta para essas características.

7. REFERÊNCIAS

ALMEIDA, R.D. de. **Divergência genética entre cultivares de soja e correlações entre suas características, sob condições de várzea irrigada, no sul do estado do Tocantins**. 2008. 59 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal do Tocantins, Gurupi, TO, 2008.

ANDRIGUETTO, J.N.; PERLY, L.; MINARDI, I.; GEMAEL, A.; FLEMMING, J.S.; SOUZA, G.A. DE; BONA FILHO, A. **Nutrição animal: as bases e os fundamentos da nutrição animal, os alimentos**. São Paulo: Nobel, 2002.

ÁVILA, C.L. DA S.; PINTO, J.C.; EVANGELISTA, A.R.; MORAIS, A.R. DE; FIGUEIREDO, H.C.P.; TAVARES, V.B. Perfil de fermentação das silagens de capim-tanzânia com aditivos – Teores de nitrogênio amoniacal e pH. **Ciência Agrotécnica**, v.27, n. 5, p. 1144-1151, 2003.

CARVALHO, C.G.P. de; ARIAS, C.A.A.; TOLEDO, J.F.F. de; OLIVEIRA, M.F. de.; VELLO, N.A. Correlações e análise de trilha em linhagens de soja semeadas em diferentes épocas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, n. 3, p. 311-320, 2002.

CHANEY, A.L.; MARBACH, E.P. Modified reagents for determination of urea and ammonia. **Clinical Chemistry**, v. 8, n. 2, 1962.

COSENTINO, J.R. Fermentações na silagem. **Zootecnia**, Nova Odessa, v. 16, n. 1, p. 57-61, 1978.

COSTA NETO, P.L.de O. **Estatística**. São Paulo: Edgard Blücher, 1999. 264 p.

COSTA, S.F. **Introdução ilustrada à estatística**. 4. ed. São Paulo: Harbra, 2005. 399 p.

CRUZ, C.D.; VENCOSKY, R. Comparação de alguns métodos de análise dialélica. **Revista Brasileira de Genética**, v. 12, n. 2, p. 425-438, 1989.

CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.J.; CARNEIRO, P.C.S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 3. ed. Viçosa, MG: UFV, 2004. 480 p.

CRUZ, C.D. **Princípios de genética quantitativa**. Viçosa, MG: Editora UFV, 2005. 394 p.

CRUZ, C.D. **Programa genes: biometria**. Viçosa, MG: Editora UFV, 2006. 382 p.

CRUZ, C.D. **Programa genes: estatística experimental e matrizes**. Viçosa, MG: Editora UFV, 2006b. 285 p.

CRUZ, J.C.; PEREIRA FILHO, I.A.P. Cultivares de milho para silagem. In: CRUZ, J.C.; PEREIRA FILHO, I.A.P.; RODRIGUES, J.A.S.; FERREIRA, J.J. (Eds.). **Produção e utilização de silagem de milho e sorgo**. Sete lagoas, MG: Embrapa Milho e Sorgo, 2001. Cap. 1, p.11-38.

DARMOSARKORO, W.; HARBUR, M.M.; BUXT, D.R.; DEVINE, T.E.; ANDERSON, I.C. Growth, development and yield of soybean lines developed for forage. **Agronomy Journal**, v. 93, p. 1028-1034, 2001.

DEVINE, T.E.; HATLEY, E.O. Registration of 'Donegal' forage soybean. **Crop Science**, v. 38, p. 1719-1720, 1998.

DEVINE, T.E.; HATLEY, E.O.; STARNER, D.E.. Registration of 'Derry' forage soybean. **Crop Science**, v. 38, p. 1719, 1998a.

DEVINE, T.E.; HATLEY, E.O.; STARNER, D.E. Registration of 'Tyrone' forage soybean. **Crop Science**, v. 38, p. 1720, 1998b.

DIAS, F.J.; JOBIM, C.C.; SORIANI FILHO, J.L.; HARRY, V.; BUMBIERIS JUNIOR, V.H.; POPPI, E.C.; SANTELLO, G.A. Composição química e perdas totais de matéria seca na silagem de planta de soja. **Acta Scientiarum**, v. 32, n. 1, p. 19-26, 2010.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Tecnologias de produção de soja região Central do Brasil**. Londrina, PR: Embrapa Soja. Sistema de Produção, n. 1. 2004. Disponível em: <<http://www.cnpso.embrapa.br/producaosoja>>. Acesso em: 1º fev. 2010.

EVANGELISTA, A.R.; GALVÃO, J.D.; GARCIA, R.; FONTES, L.A.N.; CARDOSO, A.A. Associação milho-soja: produção de massa verde e matéria seca. **Revista Ceres**, v. 29, n. 162, p. 155-163, 1982.

EVANGELISTA, A.R.; GALVÃO, J.D.; GARCIA, R.; FONTES, L.A.N.; CARDOSO, A.A. Efeito da associação milho-soja no valor nutritivo da silagem. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v. 12, n. 1, p. 50-59, 1982.

EVANGELISTA, A.R.; GARCIA, R.; OBEID, J.A.; GALVÃO, J.D. Consórcio milho-soja: rendimento forrageiro e teor de proteína da forragem. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v. 20, n. 6, p. 572-5584, 1991.

EVANGELISTA, A.R.; RESENDE, P.M. DE; MACIEL, G.A. **Uso da soja [*Glycine max* (L.) Merrill] na forma de forragem**. Lavras, MG: Editora UFLA, 2003.

EVANGELISTA, A.R. **Consórcio milho-soja e sorgo-soja: rendimento forrageiro, qualidade e valor nutritivo das silagens**. 1986. 77 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1986.

EVANGELISTA, A.R.; LIMA, J.A. de. **Silagens: do cultivo ao silo**. Lavras, MG: Editora UFLA, 2002. 210 p.

EVANGELISTA, A.R.; LIMA, J.A. de. Valor nutritivo de silagens mistas de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) e soja (*Glycine max* (L.) Merrill). **Ciência e Prática**, v. 7, n. 3, p. 292-297, 1993.

FALCONER, D.S. **Introdução à genética quantitativa**. Trad. por ALMEIDA, M. de; SILVA, J.C. Viçosa, MG: Editora UFV. 1987. 279 p.

FEHR, W.R.; CAVINESS, C.E. **Stages of soybean development**. Ames, Iowa: Iowa State University, Co-operative Extension Service, 1977. 11 p. (Special Report, 80).

FICHTNER, S.S.; ELEUTÉRIO, A.; MONTEIRO, P.M. Efeito da associação milho-soja na produção e composição química da silagem. **Anais Escola Agronomia e Veterinária**, v. 19, n. 1, p. 87-96, 1989.

FONSECA, A.H.; PINHO, R.G.V.; PEREIRA, M.N.; BRUNO, R.G. da S.; CARVALHO, G.S. Características agronômicas, químicas e nutricionais de híbridos de milho visando à produção de silagem de alto valor nutritivo. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 49, n. 281, p. 42-54. 2002.

FREIRE FILHO, F.R. **Análise genética de um dialelo entre genótipos precoces de soja**. 1988. 224 f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento) – Escola Superior de Agronomia Luiz de Queiroz, Piracicaba, SP, 1988.

GRIFFING, B. Concept of general and specific combining ability in relation to diallell crossing systems. **Australian Journal Biological Science**, v. 9, p. 463-493, 1956.

GUIMARÃES JÚNIOR, R.; GONÇALVES, L.C.; RODRIGUES, J.A.S.; JAYME, D.G.; PIRES, D.A.A.; BORGES, A.L.C.C.; RODRIGUEZ, N.M.; SALIBA, E.O.S.; BORGES, I. Matéria seca, proteína bruta, nitrogênio amoniacal e pH das silagens de três genótipos de milho [*Pennisetum glaucum* (L.) *r. br.*] em diferentes períodos de fermentação. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 4, n. 2, p. 251-258, 2005.

GOMIDE, J.A.; ZAGO, C.P.; CRUZ, M.E.; EVANGELISTA, A.R.; GARCIA, R.; OBEID, J.A. Milho e sorgo em cultivos puros e consorciados com soja, para a produção de silagens. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v. 16, n. 4, p. 308-317, 1987.

HAYMAN, B.I. The teory and analysis of diallell crosses. **Genetics**, v. 39, p. 789-809, 1954.

HENDERSON, N. Silage additives. **Animal Feed Science and Technology**, v. 45, p. 35-56, 1993.

HERON, S.J.E.; EDWARDS, R.A.; McDONALD, P. Changes in the nitrogenous components of gamma-irradiated and inoculated ensiled ryegrass. **Journal of Science and Food Agriculture**, v. 37, n. 10, p. 979-985, 1986.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Levantamento sistemático da produção agrícola**. 2010. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/lspa_201012.pdf>. Acesso em: 1º fev. 2011.

JAREMTCHUK, A.R.; JAREMTCHUK, C.C.; BAGLIOLI, B.; MEDRADO, M.T.; KOZLOWSKI, L.A.; COSTA, C.; MADEIRA, H.M.F. Características agronômicas e bromatológicas de vinte genótipos de milho (*Zea mays* L.) para silagem na região leste paranaense. **Acta Scientiarum**, v. 27, n. 2, p. 181-188, 2005.

LASSITER, J.W.; EDWARDS JR., H.M. **Animal nutrition**. Virginia: Reston Publishing Company, 1982. 357 p.

LAUER, J.G.; COORS, J.G.; FLANNERY, P.J. Forage field and quality of corn cultivars developed in different eras. **Crop Science**, v. 41, p. 1449-1455, 2001.

LEMPP, B.; MORAIS, M.G.; SOUZA, L.C.F. Produção de milho em cultivo exclusivo ou consorciado com soja e qualidade de suas silagens. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 52, n. 3, p. 243-249, 2000.

LEONEL, F. de P.; PEREIRA, J.C.; COSTA, M.G.; MARCO JÚNIOR, P. de; LARA, L.A.; SOUSA, D. de P.; SILVA, C.J. da. Consórcio capim-braquiária e soja, produtividade das culturas e características qualitativas das silagens. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, n. 11, p. 2031-2040, 2008.

LIMA, J.A. DE; CUNHA, E.A. DA; BRITO, F. DE O.; CALVO, C.O.; IAPICHINI, J.; ELZEÁRIO, C. B.; RODRIGUES, C.F. DE C. Silagem de soja no enriquecimento de dietas à base de capineira. In: CONGRESSO NORDESTINO DE PRODUÇÃO ANIMAL, 5., 2008, Aracaju, SE. **Anais...** Aracaju, 2008. Disponível em: <<http://www.iz.sp.gov.br/pdfs/1237922236.pdf>>. Acesso em: 1º fev. 2011.

LIMA, J.A. **Qualidade e valor nutritivo da silagem mista de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum) e soja (*Glycine max* (L.) Merrill, com e sem adição de farelo de trigo**. 1992. 69 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 1992.

LOPES, A.C. de A.; VELLO, N.A.; PANDINI, F.; ROCHA, M. de M.; TSUTSUMI, C.Y. Variabilidade e correlações entre caracteres em cruzamentos de soja. **Scientia Agricola**, v. 59, n. 2, p. 341-348, 2002.

MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Catálogo de cultivares protegidas de soja, *Glycine max* (L.) Merrill**. Brasília: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento/Serviço Nacional de Cultivares, 2002.

MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Descritores de cultivares protegidas de soja**. 2011. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/portal/page/portal/Internet-MAPA/pagina_inicial/vegetal/registros-autorizacoes/protecao-cultivares/publicacoes>. Acesso em: 25 fev. 2011.

MARTINS FILHO, S. **Análise dialéctica da resistência da soja (*Glycine max*. (L.) Merrill) à *Cercospora sojina* Hara**. 1991. 69 f. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1991.

McDONALD, P.; HENDERSON, A.R.; HERON, S.J.E. **The biochemistry of silage**. New York: Chalcombe Publications, 1991. 339 p.

McDONALD, P.; EDWARDS, R.A.; GREENHALGH, J.F.D.; MORGAN, C.A. **Animal nutrition**. 6th ed. England: Pearson Education Limited, 2002. 693 p.

McKERSIE, B.D. Effect of pH on proteolysis in ensiled legume forage. **Agronomy Journal**, v. 77, n. 1, p. 81-86, 1985.

MELLO FILHO, O.L. **Avaliação de variedades e progênies de soja para a produção de silagem**. 2006. 84 f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2006.

MIRANDA, F.D. de. **Produção, conteúdo e proteína e óleo no grão de soja: herdabilidade, correlações e seleção de genótipos superiores**. 2008. 79 f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2008.

NAYIGHUGU, V.; KELLOGG, D.W.; LONGER, D.E.; JOHNSON, Z.B.; ANSCHUTZ, K.A.; DEVINE, T.E. Case study: Performance and ensiling characteristics of tall-growing soybean lines used for silage. **The Professional Animal Sciences**, v. 18, n. 1, p. 85-89, 2002.

OLIVEIRA, J.M. **Rendimento, qualidade da forragem e valor nutritivo das silagens de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench), forrageiro e granífero, consorciado com soja (*Glycine max* (L.) Merrill)**. 1989. 57 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1989.

OPLINGER, E.S.; ALBRECHT, K.A.; HINTZ, R.W.; DOLL, J. D. **Soybean as an alternative forage crop**. Wisconsin: Agronomy Department University of Wisconsin 1992. Disponível em: <http://soybean.uwex.edu/library/soybean/forage/documents/soybean_as_an_alternative_forage_crop_new.pdf>.

PAULA, M.R. de; AMORIM, T.R.; MORAES, E.; ARAÚJO, C.A.; NAKANISHI, E.Y.; ALDRIGHI, J.; CHIQUITELLI NETO, M. Composição químico-bromatológica de silagens mistas de soja e sorgo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ZOOTECNIA – ZOOTECH, 19.; CONGRESSO INTERNACIONAL DE ZOOTECNIA, 11.; FÓRUM DE COORDENADORES DE CURSOS DE ZOOTECNIA DAS UNIVERSIDADES BRASILEIRAS, 5.; FÓRUM DE ESTUDANTES DE CURSOS DE ZOOTECNIA DAS UNIVERSIDADES BRASILEIRAS, 5.; REUNIÃO NACIONAL DE ENSINO DE ZOOTECNIA, 15.; FÓRUM DE ENTIDADES DE ZOOTECNISTAS, 22., 2009, Águas de Lindoia, SP. **Anais...** Águas de Lindoia, SP: 2009. CD-ROM.

PEREIRA, O.G.; OLIVEIRA, A.S.; RIBEIRO, K.G.; RIQUEIRA, J.P.S.; MELLO FILHO, O.L. DE; SOUZA, W.F. DE. Otimização de dietas à base de silagens de soja. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE PRODUÇÃO DE GADO DE CORTE, 2., 2008, Viçosa, MG. **Anais...** Viçosa, MG, 2008. p. 213-241.

PIOVESAN, N.D. **Aplicação de cruzamentos dialélicos no melhoramento genético do teor de proteína em soja.** 2000. 91 f. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2000.

RAMALHO, M.A.P.; SANTOS, J.B. dos; PINTO, C.A.B.P. **Genética na Agropecuária.** Lavras, MG: Editora UFLA, 2000. 472 p.

RAMALHO, M.A.P.; SANTOS, J.B. dos; PINTO, C.A.B.P. **Genética na Agropecuária.** 4. ed. Lavras, MG: UFLA, 2008. 464 p.

REZENDE, P.M. de; SILVA, A.G. da; BOTREL, É.P.; GOMES, L.L.; GRIS, C.F. Consórcio sorgo-soja. VIII. Sistemas de corte, cultivares de soja e híbridos de sorgo na produção de forragem das culturas consorciadas na entrelinha e monocultivo de sorgo. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 10, n. 4, p. 475-481, 2004.

REZENDE, P.M. de; SILVA, A.G. da; CORTE, E.; BOTREL, É.P. Consórcio sorgo-soja. V. Comportamento de híbridos de sorgo e cultivares de soja consorciados na entrelinha no rendimento de forragem. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 31, n. 3, p. 365-374, 2001.

REZENDE, P.M. de; SILVA, A.G. da; GRIS, C.F.; CARVALHO, E.A. Consórcio sorgo-soja. XII. Produção de forragem de cultivares de soja e híbridos de sorgo consorciados na entrelinha, em dois sistemas de corte. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 52, n. 299, p. 59-71, 2005.

REZENDE, P.M. de. **Capacidade competitiva de cultivares de milho e soja consorciados em função da produção de grãos e forragem.** 1995. 154 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 1995.

RIBEIRO, A.S.; TOLEDO, J.F.F. de; RAMALHO, M.A.P. Interference of genotypes x environments interaction in the genetic control of resistance to Asian rust soybean. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, n. 9, p. 1160-1167, 2009

RIGUEIRA, J.P.S. **Silagem de soja na alimentação de bovinos de corte.** 2007. 51 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2007.

RODRIGUES, M.W.; ALVES FILHO, S.C.; MACHADO, D.S.; TEIXEIRA, O. de S.; SEGABINAZZI, L.R.; NUNES, P.A. DE A. Comportamento ingestivo de novilhos em confinamento alimentados com diferentes níveis de extrato etéreo na dieta. In: JORNADA ACADÊMICA INTEGRADA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA, 25., 2010, Santa Maria, RS. **Anais...** Santa Maria, RS: UFSM, 2010. Disponível em: <http://portal.ufsm.br/jai/anais/trabalhos/trabalho_1041234533.htm>. Acesso em: 31 jan. 2011.

ROSA, L.O. **Composição bromatológica, perfil fermentativo, populações microbianas, consumo e digestibilidade de silagem de soja com inoculante e, ou, melaço em pó.** 2010. 41 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2010.

SANTOS, O.D. dos; VIEIRA, O. Crescimento e qualidade nutritiva da planta de soja (*Glycine max* (L.) Merrill. **Revista Ceres**, v. 29, n. 161, p. 107-115, 1982.

SANTOS, R.D. DOS; PEREIRA, L.G.R.; NEVES, A.L.A.; AZEVÊDO, J.A.G.; MORAES, S.A. DE; COSTA, C.T.F. Características agronômicas de variedades de milho para produção de silagem. **Acta Scientiarum Animal Science**, v. 32, n. 4, p. 367-373, 2010.

SEDIYAMA, T.; TEIXEIRA, R. de C.; BARROS, H.B. Origem, evolução e importância econômica. In: SEDIYAMA, T. (Ed.). **Tecnologias de produção e usos da soja.** Londrina, PR: Editora Mecenas, 2009. cap. 1, p.1-5.

SEDIYAMA, T.; TEIXEIRA, R. de C.; DUTRA, J.H.; SILVEIRA, M.A.A. GOMES, J.L.L.; REIS, M.S. UFVS-2003 Soybean Cultivar. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 1, n. 3, p. 319-321, 2001.

SEDIYAMA, T.; TEIXEIRA, R. de C.; REIS, M.S. Melhoramento da soja. In: BORÉM, A. (Ed.). **Melhoramento de espécies cultivares.** 2. ed. Viçosa, MG: Editora UFV, 2005. p. 553-603.

SHEAFFER, C.C.; ORF, J.H.; DEVINE, T.E.; JEWETT, J.G. Yield and quality of forage soybean **Agronomy Journal**, v. 93, p. 99-106, 2001.

SOUZA, W.F. de. **Silagem de soja associada a diferentes níveis de silagem de milho em dietas para bovinos de corte.** 2008. 54 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2008.

SILVA, M.A.D.; LIRA, M. DE A. DE; SANTOS, M.V.F. DOS; DUBEUX JUNIOR, J.C.B.; CUNHA, M.V. DA; FREITAS, E.V. DE. Análise de trilha em caracteres produtivos de *Pennisetum* sob corte em Itambé, Pernambuco. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, n. 7, p. 1185-1191, 2008.

SILVA, A.G. DA; REZENDE, P.M. DE; TOURINO, M.C.C.; GOMES, L.L.; GRIS, C.F. Consórcio sorgo-soja x seleção de híbridos de sorgo e cultivares de soja para a produção de forragem. **Revista Brasileira Agrociência**, v. 10, n. 2, p. 179-184, 2004.

SILVA, A.C.G.; REZENDE, P.M.; ANDRADE, L.A.B.; EVANGELISTA, A.R. Consórcio sorgo-soja. I- Produção de forragem de cultivares de soja e híbridos de sorgo, consorciadas na linha, em dois sistemas de corte. **Ciência Rural**, v. 30, n. 6, p. 933-939, 2000.

SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análise de alimentos** – Métodos químicos e biológicos. 3. ed. Viçosa, MG: UFV, 2002. 235 p.

SPRAGUE, G.F.; TATUM, L.A. General vs Specific combining ability in single crosses of corn. **Journal of the American Society of Agronomy**, v. 34, p. 923-932, 1942.

TOBÍA, C.; VILLALOBOS, E. Producción y valor nutricional del forraje de soya en condiciones tropicales adversas. **Agronomía Costarricense**, v. 28, n. 1, p. 17-25, 2004.

TOBÍA, C.; VILLALOBOS, E.; RICO, E. **Uso del forraje de soya (*Glycine Max L. Merrill*) variedad Cigras 06 em la nutrición de los rumiantes, X Seminario de pastos y forrajes.** 2006. Disponível em: <http://www.avpa.ula.ve/congresos/seminario_pasto_X/Conferencias/A7-Carlos%20Tobia.pdf>. Acesso em: 17 jan. 2011.

TOMICH, T.R.; PEREIRA, L.G.R.; GONÇALVES, C.; TOMICH, R.G.P.; BORGES, I. **Características químicas para avaliação do processo fermentativo de silagens:** uma proposta para qualificação da fermentação. Corumbá, MT: Embrapa, 2003b. (Documentos 57).

TOMICH, T.R.; RODRIGUES, J.A.S.; GONÇALVES, L.C.; TOMICH, R.G.P.; CARVALHO, A.U. Potencial forrageiro de cultivares de girassol produzidos na safrinha para ensilagem. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 55, n. 6, p. 756-762, 2003a.

VAN SOEST, P.J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2nd ed. Ithaca: Cornell University Press, 1994. 528 p.

VIEIRA, F.A.P.; BORGES, I. II; STEHLING, C.A.V.; GONÇALVES, L.C.; COELHO, S.G.; FERREIRA, M.I.C.; RODRIGUES, J.A.S. Qualidade de silagens de sorgo com aditivos. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 56, n. 6, p. 764-772, 2004.

VIEIRA, P.F. de M. **Dialelo entre genitores de soja tolerantes à ferrugem asiática**. 2009. 85 f. Tese (Doutorado em Ciências) – Escola Superior de Agronomia Luiz de Queiroz, Piracicaba, SP, 2009.

VIRGILLITO, S.B. **Estatística aplicada à administração**. São Paulo: USJT, 2008. 120 p.

WITTE, R.S.; WITTE, J.S. **Estatística**. Trad. por SOUZA, T.C. P. De. 7. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2005. 486 p.

ZIMMERMANN, F.J.P. **Estatística aplicada à pesquisa agrícola**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2004. 402 p.