



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS  
REGIONAL JATAÍ  
CURSO DE ZOOTECNIA  
PROJETO ORIENTADO**



**KELVIN FERNANDES CARVALHO**

**Sílica na digestibilidade da cana-de-açúcar**

**JATAÍ-GO**

**2014**

**KELVIN FERNANDES CARVALHO**

**SÍLICA NA DIGESTIBILIDADE DA CANA-DE-AÇÚCAR**

Orientador: Prof. Dr. Edgar Alain Collao Saenz

Relatório de Projeto Orientado apresentado à Universidade Federal de Goiás – UFG, Regional Jataí, como parte das exigências para a obtenção do título de Bacharel em Zootecnia.

**JATAÍ-GO**

**2014**

**KELVIN FERNANDES CARVALHO**

Projeto Orientado apresentado como parte das exigências para a obtenção do título de Bacharel em Zootecnia, defendido e aprovado em 28 de novembro de 2014, pela seguinte banca examinadora:



---

Prof. Dr. Edgar Alain Collao Saenz, UFG – Jataí

Presidente da Banca



---

Profª Drª. Ana Luísa Aguiar de Castro, UFG - Jataí

Membro da Banca



---

Profª Drª Vera Lúcia Banys, UFG - Jataí

Membro da Banca

*Dedico este trabalho a meus pais, Gilson Fernandes Souza e Sandra Regina Santana de Carvalho, e em especial à minha namorada Jacqueline Soares Rodrigues que sempre me apoiaram e estiveram ao meu lado durante todo o processo de minha formação acadêmica.*

## Agradecimentos

Agradeço a todos os professores da UFG/RJ que me passaram o conhecimento sem o qual não poderia trilhar um caminho de importantes conquistas.

À minha avó Aldemara Teodolina de Jesus, por sempre me incentivar a percorrer o caminho dos estudos e por tanto contribuir para minha formação.

Aos meus colegas de graduação que estiveram ao meu lado, nos bons e maus momentos.

À todos os membros da comissão de formatura da 5ª Turma de Zootecnia da UFG/RJ por sempre estarem me impulsionando rumo ao tão sonhado diploma.

Agradeço em especial a professora Dr.<sup>a</sup> Ana Luisa Aguiar de Castro por ser minha supervisora de estágio não-obrigatório e assim poder me proporcionar o conhecimento que hoje é indispensável em minha vida.

Ao Prof. Dr. Edgar Alain Collao Saenz, por ser meu orientador, amigo e um grande exemplo para minha vida.

Agradeço muito a um grande amigo que adquiri na graduação, um amigo que esteve comigo desde o início desta caminhada, sempre me ajudando, apoiando, motivando a continuar em frente, Deibity Alves Cordeiro.

Agradeço também a todos que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho.

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1. Objetivo.....	2
2. REFERENCIAL TEÓRICO.....	3
2.1. Cana-de-açúcar.....	3
2.1.1. Panorama nacional da cana-de-açúcar.....	3
2.1.2. Uso da cana-de-açúcar na alimentação de bovinos.....	4
2.1.3. Digestibilidade da cana-de-açúcar para ruminantes.....	5
2.2. Lignina.....	7
2.3. Sílica.....	8
2.3.1. Silício no solo e nas plantas.....	8
2.3.2. Efeito do silício nos vegetais.....	9
2.3.3. Sílica e a digestibilidade das forragens.....	10
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	11
3.1. Local.....	11
3.2. Implantação da área experimental.....	11
3.3. Preparo das amostras e análises bromatológicas.....	11
3.4. Digestibilidade <i>in vitro</i> das amostras.....	13
3.5. Análise estatística.....	13
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	14
CRONOGRAMA DE ATIVIDADES.....	21

## 1. INTRODUÇÃO

O Brasil é um país tropical, caracterizado por grande extensão territorial e, conseqüentemente, grande heterogeneidade de climas e tipos de solo. De norte a sul do país, diversas atividades agrícolas e pecuárias são desenvolvidas, o que proporciona alimento a custos comparativamente menores que outros países e movimenta o agronegócio. A maior parte da bovinocultura nacional se desenvolve em sistema de pasto devido, principalmente, ao baixo investimento necessário a ser empregado no mesmo, em comparação a outras estratégias de alimentação animal.

Em quase todo o território nacional, salvo algumas exceções, o clima passa por variações ao longo do ano e períodos chuvosos e não chuvosos são evidentes. Na região Centro-oeste, o período chuvoso coincide com os meses de temperaturas mais altas que favorecem o crescimento das pastagens e conseqüentemente, maior oferta de forragem. Uma vez que, altas temperaturas, períodos extensos de luz diária, aliados ao fornecimento de água, entre outros fatores, contribuem para o maior crescimento das pastagens, potencial utilizado pelos produtores rurais neste período do ano. No entanto, durante as estações onde a precipitação pluviométrica se restringe e a temperatura e o período de luz decrescem, a oferta de forragem proveniente da pastagem é reduzida. Assim, estratégias de suplementação alimentar dos animais nestes períodos se fazem necessárias.

Entre as alternativas de suplementação volumosa dos animais no período seco do ano, o uso da cana-de-açúcar é uma bastante difundida. O Brasil é o maior produtor mundial de cana-de-açúcar e a maior parte desta produção se destina a indústria do álcool e do açúcar enquanto menor parte é empregada há alimentação animal.

A cana-de-açúcar possui alto potencial para concentrar altos teores de sacarose e produzir grandes volumes de matéria orgânica usados, na indústria sucroalcooleira nos programas de melhoramento genético de diversas cultivares de cana, em desenvolvimento a fim de obter máxima produção e rendimento. Muitas características que são de interesse na indústria também são buscadas e adotadas na alimentação animal, tais como alto teor de sacarose, resistência a doenças ausência de joçal, entre outras. Por isso, as melhores cultivares utilizadas para a alimentação dos animais são aquelas cultivadas pelas indústrias de álcool e/ou açúcar da região onde se situa a propriedade.

Apesar de amplamente difundido o uso da cana-de-açúcar na alimentação animal, algumas barreiras para sua utilização são encontradas. A cana possui teor de

fibra relativamente baixo (aproximadamente 50%) para uma planta forrageira, no entanto, a digestibilidade dessa fibra também é baixa (PRESTON, 1975), este fato faz com que o consumo desta forrageira pelos animais ruminantes seja deprimido, podendo refletir negativamente no desempenho produtivo desses animais.

A fibra dos vegetais é constituída pela maior parte dos elementos que compõem a parede celular (PC) da planta e o maior aporte de energia que pode ser fornecido pelos vegetais aos animais ruminantes, vem da degradação dessa parede celular e da utilização de parte de seus constituintes (celulose e hemicelulose) pelos microrganismos do rúmen. Entretanto algumas estruturas impedem essa degradação e seu aproveitamento diminuindo, conseqüentemente, a digestibilidade da forragem.

A presença de constituintes não degradáveis também diminuem o consumo devido a maior retenção de partículas no rúmen, e o enchimento ruminal faz com que o animal sofra limitação física de consumo, quando para de ingerir alimentos. A queda no consumo da cana-de-açúcar pode ser responsável pela inviabilização do uso da mesma na alimentação de animais de alto potencial produtivo, já que com o baixo aproveitamento dos nutrientes da cana o déficit nutricional deverá ser suprido pelo uso de concentrado aumentando assim, o custo de produção da atividade.

A lignina é um componente da PC não degradável pelos microrganismos do rúmen, mas cuja concentração em si não é capaz de explicar a queda da digestibilidade das forragens. Outra substância que pode ser encontrada nas plantas e pode interferir na digestibilidade das forragens é a sílica, acumulada na superfície da epiderme das plantas e que pode ser responsável por impedir que os microrganismos ruminais degradem a parede celular ocasionando o baixo aproveitamento da mesma já que pode ser encontrada na cana-de-açúcar em concentrações que variam de 0,14% em folhas jovens até 6,7% nos colmos e folhas velhas (KORNDÖRFER, et al., 1999). Logo são necessários estudos para avaliar os mecanismos que deprimem a digestibilidade da cana-de-açúcar para que melhor possa ser utilizada como fonte de alimento.

## **1.1. OBJETIVO**

Objetivou-se com este trabalho avaliar a correlação entre teor de sílica e digestibilidade *in vitro*, da matéria seca (MS) e da fibra em detergente neutro (FDN) em três diferentes variedades de cana-de-açúcar.



## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1. Cana-de-açúcar

#### 2.1.1. Panorama nacional da cana-de-açúcar

A cana-de-açúcar pertence à família das gramíneas (Poaceae), ao gênero *Saccharum* e apresenta várias espécies, sendo a *S. officinarum* a mais comum (BACCHI, 1997). As cultivares comerciais são primordialmente híbridos obtidos de cruzamentos entre espécies *Saccharum spontaneum* e *Saccharum officinarum* (CESNIK, 1972). Cesnik & Miocque (2004) relataram que a cana-de-açúcar é uma planta nativa das regiões tropicais, cujo cultivo se estende aos dois hemisférios e consideram as Ilhas do Arquipélago da Polinésia sua origem.

Atualmente, a produção de cana-de-açúcar é uma das principais atividades de maior importância econômica no Brasil, que é o maior produtor mundial (MINISTÉRIO DA AGRICULTURA PECUÁRIA E ABASTECIMENTO – MAPA, 2014) sendo que, na safra 2014/15 a estimativa sobre a área nacional plantada é de, aproximadamente, 9.098,3 mil hectares (ha), correspondendo à produção a ser colhida de 659.099,20 mil toneladas (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB, 2014), distribuído pelo país, com São Paulo em primeiro lugar, representando 54,06% da área plantada, seguido por Goiás 10,23%, Minas Gerais 9,03%, Paraná 7,14%, Alagoas 3,52%, Mato Grosso do Sul 3,08% e Pernambuco 2,19% (CONAB, 2014). Estima-se, de modo informal, que cerca de 10% da produção de cana-de-açúcar no Brasil seja destinada a alimentação animal (LANDELL et al., 2002).

A cana-de-açúcar possui alta capacidade de armazenar concentrações significativas de sacarose (OMETTO, 2000), que lhe atribui múltipla aplicação como a produção de açúcar, álcool e como alternativa para alimentação animal (BARBOSA & SILVEIRA, 2006). A fim de utilizar esse potencial inerente à cana-de-açúcar, o melhoramento de cultivares fez-se necessário. Os programas brasileiros de melhoramento genético de canas buscam adequá-las à produção de açúcar desde 1910, evidenciando o interesse científico pela obtenção de eficiência no cultivo dessa forrageira (HOFFMAN, 1997).

Stupiello (2002) comenta que programas de melhoramento de variedades de cana têm buscado aumentar, principalmente, o teor de sacarose, tendo como consequência a diminuição da produção de bagaço que é necessário para atender a

demanda energética da própria usina e exigindo alternativas como aproveitamento de canas inteiras não despontadas e não despalhadas como combustível. Este fato explica a falta de prioridade do melhoramento com o intuito de reduzir a fibra da palha, desejável nutricionalmente na cana destinada à alimentação animal (TEIXEIRA, 2004).

Entretanto, várias características desejáveis na cana para a alimentação animal já foram trabalhadas pela indústria do açúcar e álcool (TEIXEIRA, 2004). As cultivares de cana, atualmente indicadas para alimentação animal, são aquelas que possuem bom desempenho na indústria sucroalcooleira (TORRES, 2001). Assim sendo, as cultivares de cana-de-açúcar mais adequada para uso na alimentação animal são aquelas utilizadas na indústria e que apresentam altas concentrações de sacarose e características agrônômicas desejáveis, tais como maior produção por unidade de área, rusticidade, resistência a doenças, capacidade de perfilhamento, ausência de floração, de joçal e maior vigor de rebrota (PEIXOTO, 1986).

### **2.1.2. Uso da cana-de-açúcar na alimentação de bovinos**

A produção de alimentos volumosos com alto valor nutritivo, o desenvolvimento de sistemas de produção de forragens no período crítico do ano e de sistemas eficientes de conservação de forragem, bem como a alimentação de vacas de alta produção, têm sido os principais desafios de gerentes em propriedades de produção leiteira que têm objetivado a intensificação (MATOS, 1995)

A cana-de-açúcar tem sido tradicionalmente recomendada como forrageira para alimentação de bovinos no período seco do ano e esta estratégia se baseia na alta capacidade de produção de matéria seca por hectare e na manutenção do valor nutritivo dessa forrageira nesta época do ano (CARVALHO, 1992). Comparativamente, enquanto a cana-de-açúcar alcança produções em torno de 36 toneladas de MS/ha/ano (CARVALHO et al., 1993), plantas de milho podem atingir 20 toneladas de MS/ha/ano (TURCO, 2011), sorgo 21 toneladas de MS/ha/ano (VON PINHO et al., 2007) e gramíneas como a *Brachiaria brizantha* cv. Marandú, coast-cross, Tifton, e *Panicum maximum* cv. Tanzânia produzem cerca de 20 toneladas de MS/ha/ano (RESTLE & ANDRADE, 1998).

Nutricionalmente, a cana-de-açúcar pode ser caracterizada como forrageira rica em energia, na forma de sacarose e pobre em compostos nitrogenados, minerais e extrato etéreo (PRESTON, 1977). No entanto, estes nutrientes deficientes são facilmente suplementados na dieta, o que torna a correção das limitações nutricionais da cana-de-açúcar relativamente simples (DIJKSTRA et al., 1996).

Uma característica importante da cana-de-açúcar a ser destacada é o fato de que, diferentemente das demais gramíneas forrageiras, apresenta aumento do conteúdo celular, produção de matéria seca e teor de sacarose com o avanço da maturidade, reduzindo a fração de parede celular e, conseqüentemente, aumentando sua digestibilidade (FREITAS et al, 2006; KLEIN, 2010). Quando colhida no momento adequado (após atingir a maturidade (teor >14<sup>o</sup> Brix)) a cana apresenta baixa porcentagem de fibra em detergente neutro (FDN) que, normalmente, varia de 40 a 50% (AZEVEDO et al., 2003; BONOMO et al., 2009), fator importante porque, a fibra da cana possui baixa digestibilidade, em torno de 20%, enquanto que a FDN da silagem de milho tem digestibilidade aparente em torno de 40% (ANDRADE, 1999; CORREA et al., 2003).

Outro contraste evidenciado entre as gramíneas tropicais e a cana-de-açúcar é atribuído ao fato de que a cana-de-açúcar apresenta maior teor de FDN nas folhas do que nos colmos (RODRIGUES et al., 1997). As folhas da cana possuem conteúdo de nitrogênio 5 a 6 vezes superior ao colmo, mas como colmos representam cerca de 80% da planta, o teor de proteína bruta na planta inteira raramente ultrapassa 2-3% da matéria seca (RODRIGUES et al., 1997).

Apesar disso, cana suplementada com ureia tem sido enfatizada como alternativa viável para a alimentação de bovinos leiteiros de potencial produtivo de médio a baixo no Brasil (TORRES et al., 2001). Mas pesquisas mostram o potencial da cana também para ser utilizada em rebanhos de animais com produções de leite até 30 kg/vaca/dia (CORREA et al., 2003).

### **2.1.3. Digestibilidade da cana-de-açúcar para ruminantes**

Cerca de 90% da matéria seca da cana é composta por carboidratos, os quais são divididos em fibrosos, mensurados como FDN, e carboidratos não-fibrosos (CNF) (SCIÉCOLA JUNIOR, 2011). A relação entre carboidratos fibrosos (CF) e não-fibrosos é um determinante da qualidade nutritiva de cana-de-açúcar (TEIXEIRA, 2004). Quanto menor o conteúdo de carboidratos fibrosos maior a digestibilidade ruminal da matéria seca na cana-de-açúcar (VAN SOEST, 1994).

O teor de Brix um parâmetro empregado para inferir o teor de sólidos solúveis totais (sacarose, frutose e glicose (CNF)) no caldo da cana, no entanto a medida de %Pol (teor de aparente de sacarose), atualmente, tem mostrando ser o indicador que melhor representa a concentração estimada de sacarose na cana, assim a relação entre FDN/açúcares na cana pode ser obtida a partir da relação FDN/ %Pol, uma vez que a sacarose é o carboidrato mais evidenciado nesta planta (THIAGO, 2008).

Apesar da baixa digestibilidade da FDN da cana, é compensada pela alta digestibilidade dos carboidratos não-fibrosos (CNF) que é superior a 90% (COSTA, 2002; ANDRADE, 1999; GALLO, 2001; CORREA et al., 2003) o que viabiliza sua inclusão na dieta de animais ruminantes.

O enchimento do trato digestivo com fibra de baixa digestibilidade pode ser o mecanismo que está envolvido na depressão de consumo voluntário pelo animal, por caracterizar limitação física na ingestão diária de forragem (OBA & ALLEN, 1999), assim sendo, a limitação mais importante reside no baixo consumo de cana-de-açúcar pelo animal (PEIXOTO, 1986), e por consequência, reduzida ingestão de energia e nutrientes, deprimindo o desempenho produtivo dos animais. Cultivar plantas de cana para que tenham baixo teor de fibra é uma rota que pode ser adotada para aumentar a digestibilidade da matéria seca (CARVALHO, 1992; RODRIGUES et al., 2001).

Partículas grandes de alimento com baixa taxa degradabilidade se acumulam no rúmen, uma vez que, de acordo com Poppi et al. (1986), a ingesta sofre maior resistência para sair do rúmen até ser reduzida a tamanhos  $\leq 1,18$  mm e se este processo é rápido, o alimento degradado pode ser substituído por mais alimento, ao contrário, se a taxa de degradação é lenta, o enchimento ruminal limitará o consumo. Acredita-se que, com a diminuição do tamanho de partícula da forragem, haja aumento na taxa de passagem ruminal, com consequente aumento do consumo, contudo, há maior necessidade de estudos sobre o efeito de tamanho de partícula no consumo da cana-de-açúcar (SANTOS, 2010).

Os carboidratos fibrosos, representados pela celulose e hemicelulose juntamente com a lignina, são incompletamente disponíveis e ocupam espaço no trato gastrointestinal (TGI) (MERTENS, 1997) e em virtude da lignina ser o componente da parede celular vegetal que mais afeta a disponibilidade dos CF, o aumento da sua concentração na FDN reduz a disponibilidade de energia dos alimentos (VAN SOEST, 1994).

## 2.2. LIGNINA

A lignina é uma substância que está intimamente relacionada com a estrutura da planta, sendo encontrada nos órgãos onde maior força de resistência é exigida (QUADROS, 2001).

Quimicamente é um polímero fenólico constituído por três diferentes ácidos, p-cumárico, ferúlico e sináptico que se unem numa malha complexa e resistente à hidrólise ácida e alcalina e a diversos complexos enzimáticos, incluindo as enzimas microbianas dos ruminantes (FUKUSHIMA & HATFIELD, 2003). Dentre as atribuições conferidas à lignina destaca-se sua atuação como substância cimentante dos polissacarídeos na parede celular, proporcionando alta resistência mecânica aos vegetais, bem como proteção contra agentes externos (HIGUCHI, 1980). Segundo Fukushima & Paneto (1995), a lignina está associada a queda da digestibilidade dos nutrientes da fração fibrosa dos alimentos e, considerando que o amadurecimento das plantas promove aumento do conteúdo de lignina, diminui o valor nutricional das plantas maduras.

A literatura apresenta três mecanismos que podem ser responsáveis pela ação inibitória da lignina sobre a digestibilidade dos polissacarídeos constituintes da parede celular (PC) das plantas, toxicidade, incrustação e ligações covalentes (QUADROS, 2001).

A digestão da parede celular pode ser inibida por ácidos fenólicos solúveis, inibidores dos microrganismos ruminais não adaptados (VAN SOEST, 1994) e proveniente da degradação parcial da lignina (FUKUSHIMA & PANETO, 1995).

Na incrustação da PC, há a formação de uma barreira física provocada pelo acúmulo de lignina, entre os polissacarídeos da PC e os microrganismos ruminais, causando a redução da degradabilidade dos alimentos fibrosos (FUKUSHIMA & PANETO, 1995; VAN SOEST, 1994).

As gramíneas possuem compostos derivados do ácido cinâmico esterificados (ácido conjugado do ácido p-cumárico), que estabelecem pontes (ligações covalentes) entre a lignina e os carboidratos estruturais da parede celular, promovendo interações como lignohemicelulósicas que são ligações cruzadas (QUADROS, 2001) que tornam a PC altamente resistente a degradação.

Apesar dos mecanismos atribuídos a lignina que poderiam influir na redução da digestibilidade das plantas, Teixeira (2004) relata que o teor de lignina considerado isoladamente não explicou a variação na digestibilidade entre cultivares de cana-de-açúcar. Por este motivo, outros componentes podem ser responsáveis pela baixa digestibilidade da cana e entre estes componentes a sílica pode ser considerada, pois

possui características com potencial para ocasionar queda na digestibilidade da fibra (PEREIRA, 2012) e, está presente em altas concentrações nas cinzas da cana-de-açúcar (BARNES, 1974).

## **2.3. SÍLICA**

### **2.3.1. Silício no solo e nas plantas**

O silício (Si) é o segundo elemento mais encontrado na crosta terrestre, ficando atrás apenas do oxigênio e faz parte de compostos como argila, feldspato, granito, quartzo e areia (MA et al., 2001). Apesar de abundante no solo, normalmente está indisponível por apresentar baixa solubilidade (ESSER, 2002; KORNDÖRFER, 2006). No entanto, a forma solúvel ácido monossilícico ( $H_4SiO_4$ ) encontrada na solução do solo (EPSTEIN, 1999) pode ser absorvida pelas plantas.

Após ser absorvido do solo, a maior parte do ácido monossilícico é transportado das raízes até a parte aérea da planta por fluxo de massa (OLIVEIRA, 2009), pelo apoplasto no xilema e simplasto no floema (RAVEN, 2001). Há ainda, o transporte de silício através da ação de proteínas específicas para o ácido monossilícico por processo ativo, responsáveis pelo carregamento do silício solúvel do solo até as partes aéreas da planta (RAVEN, 2001; MA, 2009).

O silício é depositado nas plantas, principalmente, nos tecidos de suporte do caule e folhas (SANGSTER et al., 2001) e em locais onde ocorre transpiração mais intensa (tricomias, estômatos, células buliformes; MARAFON, 2013), na forma de ácido silício polimerizado (sílica amorfa -  $SiO_2.nH_2O$ ; FAGUNDES, 2005; OLIVEIRA, 2009).

A maior atuação do processo ativo de transporte e acúmulo de Si é mais evidente em monocotiledôneas e pode ser desencadeado pela maior necessidade de proteção exigida pela planta contra o ataque de pragas, doenças, déficit hídrico entre outras condições de estresse biótico ou abiótico (MARSCHNER, 1995; DALLAGNOL et al., 2009).

As plantas podem ser divididas de acordo com o teor de acúmulo de silício e são consideradas acumuladoras aquelas que possuem teor foliar acima de  $10,0 \text{ g.kg}^{-1}$  de Si, as que possuem uma concentração entre  $5,0 - 10,0 \text{ g.kg}^{-1}$  de Si são consideradas intermediárias e as plantas que possuem teor menor de  $5,0 \text{ g.kg}^{-1}$  de Si são consideradas não acumuladoras (TAKAHASHI et al., 1990; MA et al., 2001). Em geral plantas monocotiledôneas (gramíneas) são consideradas acumuladoras de silício e plantas dicotiledôneas não acumuladoras (OLIVEIRA, 2009), entretanto há exceções em ambos

os casos. Segundo Van Raij (1991) os teores de sílica nas gramíneas podem ser 10 a 20 vezes maiores que os teores encontrados nas dicotiledôneas. Este fato é devido à absorção de silício pelas gramíneas se dar acompanhando o fluxo de água que penetra pelas raízes, enquanto as dicotiledôneas possuem mecanismos que evitam que grandes quantidades de silício sejam absorvidas (KORNDÖRFER, 2010). Portanto há diferença no acúmulo de silício entre plantas C3 e C4 e a deposição de silício na forma de sílica na epiderme das folhas pode variar em quantidade e em função do tipo de célula onde o acúmulo ocorre (KAUFMAN et al., 1985).

### **2.3.2. Efeitos do Silício nos Vegetais**

O silício pode estar envolvido no aumento de produtividade de diversas culturas. Segundo Deren (2001), a presença de sílica pode contribuir para a maior taxa fotossintética das plantas por melhorar a arquitetura foliar já que proporciona certa rigidez ocasionando, nas folhas, disposição mais ereta, permitindo maior área de interceptação da radiação solar (MARSCHINER, 1995). Matchenkov & Calvert (2002) afirmam que altas produtividades da cana-de-açúcar estão relacionadas a concentrações elevadas de silício nas folhas, bem como em outras gramíneas. (ELAWARD & GREEN, 1979; KORNDÖRFER & LEPSCH, 2001). Experimentos conduzidos com cana-de-açúcar, em solos arenosos, demonstraram aumentos na produção da ordem de 11 a 16% na cana-planta e de 11 a 20% na cana-soca em função da aplicação de silicato de cálcio e magnésio como fontes de silício (DATNOFF et al., 2001).

O acúmulo de Si junto à cutícula e os demais componentes da parede celular (PC) da folha confere proteção à planta e reduz os efeitos negativos de natureza biótica e abiótica, tais como ataque de insetos sugadores e herbívoros e déficit hídrico (EPSTEIN, 1999). Na parede celular, a sílica em interação com a cutícula, forma uma dupla camada sílica-cutícula reduzindo a transpiração e, conseqüentemente, a perda de água proporcionando à planta maior resistência ao déficit hídrico (MELO et al., 2003; FAGUNDES, 2005).

Existem algumas hipóteses propostas para explicar o efeito benéfico do silício na redução de ataques de pragas e doenças às plantas, dentre elas o espessamento da epiderme devido à deposição de silício na parede celular, que funcionaria como barreira mecânica (TAKAHASHI et al., 1995; GOUSSAIN et al., 2002). A outra teoria pressupõe que o silício é responsável por induzir formação de compostos fenólicos que atuam na defesa da planta quando atacada (CAMARGO, 2011).

Goussain et al. (2002) avaliando efeito da aplicação do silício em plantas de milho no desenvolvimento da lagarta-do-cartucho (*Spodoptera frugiperda*), observaram que lagartas que foram alimentadas com folhas de milho tratadas com silício tiveram o desgaste da mandíbula na região incisora superior aquelas que receberam folhas não tratadas. Fato semelhante foi observado com a broca-da-cana (*Eldana saccharina*; FILGUEIRAS, 2007) e fato pode estar relacionado à barreira mecânica formada pela deposição de sílica na parede celular da planta (GOUSSAIN et al., 2002)

Marafon (2013) relata que a sílica associada aos constituintes da parede celular a torna menos acessível às enzimas de degradação podendo limitar a digestão da forragem pelos ruminantes (VAN SOEST & JONES, 1968). Existem ainda poucos estudos, muitas vezes com resultados contraditórios, a respeito da influência do silício sobre os microrganismos ruminais, entretanto, acredita-se que a sílica pode afetar o acesso dos microrganismos do rúmen às forragens de forma semelhante como faz no meio ambiente, deprimindo a utilização das forragens (FAGUNDES, 2005).

### **2.3.3. Sílica e a digestibilidade de forragens**

A epiderme dos vegetais que fica em contato com o ambiente, apresenta uma camada espessa, lignificada com presença de cutina, cutícula e sílica, atuando como barreira física à colonização do substrato por microrganismos do rúmen (LEMPP et al., 2009) interferindo na utilização dos alimentos pelos animais ruminantes que tem eficiência relacionada com a degradação destes alimentos pelos microrganismos ruminais e, conseqüentemente, ao crescimento destes no rúmen (FAGUNDES, 2005).

Estudos têm evidenciado que a sílica reduz a digestibilidade da parede celular (FAGUNDES, 2005) e, segundo Van Soest & Jones (1968) deprime a degradabilidade ruminal de polissacarídeos reduzindo a digestibilidade da matéria seca. Van Soest & Jones (1968) descreveram ainda que, a sílica pode causar até 3% de redução na digestibilidade da matéria seca *in vitro* para cada unidade aumentada na. A depressão da digestibilidade da fibra se torna mais acentuada quando se tem a soma dos efeitos da sílica e da lignina, por formarem uma camada recalcitrante à penetração dos microrganismos ruminais (HARBERS et al., 1981).

Entre outras ações a sílica pode reduzir a aderência dos microrganismos ruminais as partículas da planta, causando inibição da digestão dos constituintes da parede celular (BAE et al., 1997), no entanto, o número de trabalhos que apresentam alguma interação química entre o silício e os constituintes da parede celular ainda são restritos (CARPITA, 1996).



### **3. MATERIAL E MÉTODOS**

#### **3.1. Local**

O experimento será realizado na Fazenda Escola da Universidade Federal de Goiás, Regional Jataí. As análises bromatológicas e de digestibilidade serão realizadas no Laboratório de Nutrição Animal (LNA) situado na mesma unidade de ensino no Município de Jataí, Sudoeste de Goiás.

#### **3.2. Implantação da área experimental**

Serão cultivadas 3 diferentes variedades de cana-de-açúcar, variedades RB, IAC e SP com mudas obtidas em uma indústria de biocombustível situada no município de Jataí - GO.

Na área de plantio, o solo será amostrado nas camadas de 0 a 20 cm e de 20 a 40 cm para a realização das análises de fertilidade, textura e matéria orgânica e determinação da recomendação de corretivos e fertilizantes de acordo com Sousa & Lobato (2004) para a produção de cana-de-açúcar no Cerrado. Posteriormente, será realizado o plantio das cultivares no mês de novembro usando sulcos de 35 cm de profundidade, espaçados 1,5 m entre si, usando uma densidade de 18 gemas de cana/ m de sulco.

Serão usadas 5 linhas de 10 m/ parcela em quatro repetições, utilizando uma área de 1188 m<sup>2</sup> considerando as linhas externas e 1 m de cada extremo da linha como bordaduras. Desta forma a parcela útil será composta por três linhas de 8 m cada

#### **3.3. Preparo das amostras e análises bromatológicas**

O corte da cana será realizado de forma manual rente ao solo após decorridos 18 meses do plantio e quando o caldo atingir 18<sup>o</sup> Brix avaliado por refratômetro de campo utilizando caldo extraído através de 3 amostras colhidas no centro de cada linha, o caldo será adquirido após moagem da cana e após homogeneização do caldo será retirada uma amostra desta solução para ser submetido ao aparelho. Serão colhidas as três linhas centrais, desconsiderando um metro de cada extremidade tendo assim 8 metros úteis/ linha. As plantas colhidas (planta inteira) após despalha manual, serão posteriormente picadas no campo experimental (em colhedora acoplada a um trator) em

tamanho de partícula de aproximadamente 5 mm, homogêneas e subamostradas por quartização para preparo e análises segundo Silva & Queiroz (2009).

Serão avaliadas as características agrônomicas:

- **Produção de Matéria natural (MN):** todas as plantas presentes na área útil serão pesadas integralmente para determinar a produção da matéria natural;
- **Produção de Matéria seca (MS):** será obtida após pré-secagem a 55°C por 72 horas e posteriormente secagem a 105°C por 16 horas (Silva e Queiroz, 2009).

Através de uma sub amostra, obtida no campo, de 10 plantas colhidas aleatoriamente em cada linha, serão realizadas as avaliações de TI, CC e DC:

- **Número total de internódios no colmo (TI):** obtido pela contagem dos internódios da base da planta até o último colmo totalmente isento de folhas apicais;
- **Comprimento de colmo (CC):** medida tomada da base até a extremidade superior da planta, até o último colmo totalmente isento de folhas apicais;
- **Diâmetro de colmo (DC):** com uso de um paquímetro mensurando o diâmetro do internódio central do colmo;
- **Brix:** obtido por refratômetro digital a partir do caldo de cana extraído das 10 plantas sub amostradas (CONSECANA, 2006);
- **Pol e AR:** obtidos segundo a metodologia proposta por CONSECANA (2006).

Avaliação bromatológica:

- **Proteína Bruta (PB):** obtido pelo método semimicro Kjeldahl (AOAC, 1984) multiplicado por uma constante (6,25; Silva & Queiroz, 2009);
- **Extrato etéreo (EE):** AOAC (1990) descrito por Silva & Queiroz (2009);
- **Carboidratos totais (CT):** de acordo com Sniffen et al. (1992):  

$$CT = 100 - (\% PB + \% EE + \% Cinzas)$$
- **Fibra em detergente neutro (FDN) e Fibra em detergente ácido (FDA):** determinada de acordo com a metodologia descrita por Van Soest et al. (1991);
- **Carboidratos não fibrosos (CNF):** pela diferença entre o teor de CT e o teor de FDN.
- **Lignina:** conforme metodologia descrita por Silva & Queiroz (2009);
- **Cinzas:** segundo Silva & Queiroz (2009);
- **Sílica:** pelo tratamento das cinzas com ácido bromídrico (HBr 48%) segundo Silva & Queiroz (2009).

### **3.4. Digestibilidade *in vitro* das amostras**

O líquido ruminal será coletado de um bovino macho castrado, com aproximadamente 500 kg de peso corporal, através da cânula ruminal. A amostra será acondicionada em garrafa térmica pré aquecida à 40°C, logo após a coleta e será encaminhada imediatamente ao laboratório a fim de preservar a qualidade microbiológica da amostra. A avaliação da digestibilidade *in vitro* das amostras de cana-de-açúcar será realizado pelo procedimento em duas etapas como proposto por Tilley e Terry (1963) em triplicata, como relatado por Silva e Queiroz (2009). Será então avaliada a digestibilidade da MS e da FDN das amostras.

### **3.5. Análise estatística**

Serão realizadas análises de correlação linear de Pearson entre os teores de sílica obtidos e a digestibilidade da MS e FDN das amostras e, posteriormente, serão realizados ajustes das equações caso obtenha-se correlação positiva. Os dados obtidos serão submetidos à análise de variância (teste F), caso haja diferença significativa as médias serão submetidas à comparação pelo teste Tukey a 5% de significância utilizando o programa estatístico SAS (2002).

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDRADE, M.A.F. **Desempenho de novilhas holandesas alimentadas com cana-de-açúcar como forrageira única**. 1999. 56f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS - AOAC. **Official methods of analysis**. 15.ed. Arlington: AOAC, Inc., 1990. 771p.
- AZEVEDO, J.A.G.; PEREIRA, J.C.; QUEIROZ, A.C. et al. Composição químico-bromatológica, fracionamento de carboidratos e cinética da degradação *in vitro* da fibra de três variedades de cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.32, n.6, p.1443-1453, 2003.
- BACCHI, O.O.S. Botânica da cana-de-açúcar. In: ORLANDO FILHO, J. **Nutrição e adubação da cana-de-açúcar**. Piracicaba: IAA/PLANALSUCAR, 1997. P.25-37.
- BAE, H.D.; McALLISTER, T.A.; KOKKO, E.G. et al. Effect of silica on the colonization of rice straw by ruminal bacteria. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v.65, n.1-4, p.165-181, apr.,1997.
- BARBOSA, M.H.P.; SILVEIRA, L.C.I. Cana-de-açúcar: variedades, estabelecimento e manejo. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO ESTRATÉGICO DE PASTAGEM, 3., 2006, Viçosa. **Anais...** Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2006. p.245-276.
- BARNES, A.C. **The sugar cane**. London: Leonard Hill Books, 1974, 572 p.
- BONOMO, P.; CARDOSO, C.M.M.; PEDREIRA, M.S. et al. Potencial forrageiro de variedades de cana-de-açúcar para alimentação de ruminantes. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v.31, n.1, p.53-59, 2009.
- CAMARGO, M.S. Silício em cana-de-açúcar. **Pesquisa & Tecnologia**, São Paulo, v.8, n.2, jul./dez.,2011.
- CARVALHO, G.J. **Avaliação do potencial forrageiro e industrial de variedades de cana-de-açúcar (ciclo de ano) em diferentes épocas de corte**. 1992. 75f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras.
- CARVALHO, G.J.; ANDRADE, L.A.B.; EVANGELISTA, A.R. Avaliação do potencial forrageiro de cinco variedades de cana de açúcar (ciclo de ano) em diferentes estágios de desenvolvimento. **STAB**, Piracicaba, v.11, n.4, p.18-23, 1993
- CARPITA, N.C. Structure and biogenesis of the cell walls of grasses. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, Palo Alto: Annual Review Inc, v.47, p.445-476, 1996.
- CESNIK, R. **Estudo da herdabilidade de alguns caracteres em cana-de-açúcar**. 1972. 50f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de plantas) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.
- CESNIK, R.; MIOCQUE, J. **Melhoramento da cana-de-açúcar**. Brasília: EMBRAPA Informação Tecnológica, 2004. 307p.

CONAB. Levantamento de Safra: cana-de-açúcar safra 2014/2015. Disponível em: [http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1253&t=&Pagina\\_objcmsconteudos=2](http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1253&t=&Pagina_objcmsconteudos=2). Acesso em: 01 nov. 2014.

CONSECANA, **Manual de instruções**. 5.ed. Piracicaba: Conselho dos Produtores de Cana-de-açúcar, Açúcar e Álcool do Estado de São Paulo, 2006. 111p.

CORREA, C.E.S.; PEREIRA, M.N.; RAMOS, M.H. Performance of Holstein cows fed sugarcane or corn silages of different grain texture. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.60, n.4, p.621-629, out./dez., 2003.

COSTA, H.N. **Efeito do ambiente ruminal sobre a degradabilidade *in situ* da cana-de-açúcar**. 2002. 51f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.

DALLAGNOL, L.J.; RODRIGUES, F.A.; MIELLI, M.V.B, et al. Defective active silicon uptake affects some components of rice resistance to brown spot. **Phytopathology**, v.99, p.116-121, 2009.

DATNOFF, L.E; SNYDER, G.H.; KORNDÖRFER, G.H. **Silicon in Agriculture**. Studies in plant science, Amsterdam: Elsevier, 2001, 403p.

DEREN, C.W. Plant genotypes, silicon concentration and silicon related responses. In: **Silicon in agriculture**., cap.8, v.8. p.149-158, 2001.

DIJKSTRA, J.; FRANCE, J.; ASSIS, A.G.et al. Simulation of digestion in cattle fed sugarcane: prediction of nutrient supply for milk production with locally available supplements. **Journal of Agricultural Science**, New York, v.127, p.247, set., 1996.

ELAWAD, S.H.; GREEN Jr, V.E. Silicon and the rice plant environment: a review of recent research. **IL Riso**, São Luis, v.28, p.235-253, 1979.

EPSTEIN, E. Silicon. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, Palo Alto, v.50, p.641-664, 1999.

ESSER, K.B. Can the application of fused calcium silicate to rice contribute to sustained yields and higher pest resistance? **Outlook on Agriculture**, Biggleswade, v.31, n.3, p.199-201, 2002.

FILGUEIRAS, O. Silício na agricultura. **Pesquisa FAPESP**, São Paulo, n.140, p.72-74, out., 2007.

FAGUNDES, R.P. **Efeito do silicato na produção e qualidade de *Brachiaria decumbens* cultivada em solo degradado do Triângulo Mineiro**. 2005. 76f. Dissertação (Mestrado em Produção Animal) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia.

FREITAS, A.W.P.; PEREIRA, J.C.; ROCHA, F.C. et al. Características da silagem de cana-de-açúcar tratada com inoculante bacteriano e hidróxido de sódio e acrescida de resíduo da colheita de soja. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.35, n.1, p.48-59, 2006.

FUKUSHIMA, R.S.; HATFIELD, R.D. Composição fenólica de ligninas dioxano determinadas pela reação oxidativa com nitrobenzeno. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.38, n.3, p.373-378, 2003.

FUKUSHIMA, R.S.; PANETO, J.C.C. A lignina e o valor nutritivo das plantas forrageiras: uma revisão. **Zootecnia**, v.33, p.29-39, 1995.

GALLO, P.C.S. **Desempenho de novilhas holandesas alimentadas com teores dietéticos crescentes de cana-de-açúcar**. 2001. 40f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.

GOUSSAIN, M.M.; MORAES, J.C.; CARVALHO, J.G. et al. Efeito da aplicação de silício em plantas de milho no desenvolvimento biológico da lagarta-do-cartucho *Spodoptera frugiperda* (J.E.Smith) (Lepidoptera: Noctuidae). **Neotropical Entomology**, v.31, n.2, p.305-310, abr./ jun., 2002.

HARBERS, L.H.; RAITEN, D.J.; PAULSEN, G.M. The role of plant epidermal silica as structural inhibitor of rumen microbial digestion in steers. **Nutrition Reports International**, Los Altos, v.24, n.2, p.1057-1066, mar., 1981.

HIGUCHI, T. Lignin structure and morphological distribution in plant cell walls. In: KIRK, T. K; HIGUCHI, T; CHANG, H. (ed). **Lignin biodegradation: microbiology, chemistry an potential application**. Boca Ration: CRC Pres, 1980, p.1-9, v.1.

HOFFMANN, P.H. **Evolução do potencial produtivo das principais variedades de cana-de-açúcar cultivadas no estado de São Paulo nos últimos cinquenta anos**. 1997. 136f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.

KAUFMAN, P.B.; DAYANANDAN, P.; FRANKLIN, C.I. Structure and function of silica bodies in the epidermal system of grass shoots. **Annals of Botany**, Oxford, v.55, n.4, p.487-507, 1985.

KLEIN, V. **Características agronômicas, químicas e bromatológicas de variedades de cana-de-açúcar para o uso forrageiro**. 2010. 39f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Goiás, Jataí.

KORNDÖRFER, G.H.; COELHO, N.M.; SNYDER, G.H. et al. Avaliação de métodos de extração de silício em solos cultivados com arroz de sequeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Uberlândia, 1999, p.101-106, v.23.

KORDÖRFER, G.H.; LEPSCH, I. Effect of silicon on plant growth and crop yield. In: DATNOFF, L.E.; SNYDER, G.H.; KORNDÖRFER, G.H. **Silicon in agriculture**. Studies in plant science. Amsterdam: Elsevier, 2001, p.133-144, v.8.

KORDÖRFER, A.P. **A importância do silício nas relações entre herbívoros e *Davilla elliptica* (Dilleniaceae) St. Hill no Cerrado**. 2006. 31f. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia.

KORNDÖRFER, A.P. **Efeito do silício na indução de resistência à cigarrinha-das-raízes *Mahanarva fimbriolata* Stal (Hemiptera: Cercopidae) em cultivares de cana-de-açúcar**. 2010. 102f. Dissertação (Doutorado em Ciências) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.

LANDELL, M.G.A. de; CAMPANA, M.P.; RODRIGUES, A.A. et al. **A variedade IAC86-2480 como nova opção de cana para fins forrageiros: manejo de produção e uso na alimentação animal.** Campinas: Instituto Agrônomo, 2002. 36p. (IAC. Boletim Técnico, 193).

LEMPP, B.; CATIAN, G.; BATISTA, L.A.R. et al. Atributos anatômicos de lâminas foliares de *Paspalum spp.* In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 46., 2009, Maringá. **Anais...** Maringá: SBZ, 2009.

MA, J.F.; GOTO, S.; TAMAI, K. et al. Role of root hairs and lateral roots in silicon uptake by rice. **Plant Physiology**. v.127, p.1773-1780, 2001.

MA, J.F. Silicon uptake and translocation in plants. **The Proceedings of the International Plant Nutrition Colloquium XVI.** California. , 2009.

MADEIROS, L.B.; VIEIRA, A.O.; AQUINO, B.F. Micronutrientes e silício nas folhas da cana-de-açúcar: escória siderúrgica aplicada no solo. **Engenharia Ambiental**, Espírito Santo do Pinhal, v. 6, n.1, p.027-037, 2009.

MARAFON, A.C. Benefícios do silício para a cana-de-açúcar. Portal Dia de Campo, Agricultura Sustentável. 2013.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants.** New York: Academic Press, 1995. 889p.

MATCHENKOV, V.V.; CALVERT, D.V., Silicon as beneficial element for sugarcane. **Journal American Society of Sugar Technologists**, v.22, p.21-30, 2002.

MATOS, L.L. Perspectivas em alimentação e manejo de vacas em lactação. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 32, 1995, Brasília. **Anais...** Brasília: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1995, p.147-155.

MELO, S.P.; KORNDÖRFER, G.H.; KORNDÖRFER, C.M. et al. Acúmulo de silício e tolerância ao déficit hídrico em capins do gênero *Brachiaria*. **Science Agrícola**, Piracicaba, v.60, n.4, p.755-759, 2003.

MERTENS, D.R. Creating a system for meeting the fiber requirements of dairy cows. **Journal Dairy Science**., v.80, n.7, p.1463-1481. 1997.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO- MAPA. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/vegetal/culturas/cana-de-acucar>. Acesso em: 30.out.2014

OBA, M.; ALLEN, M.S. Evaluation of the importance of the digestibility of neutral detergent fiber from forage: Effects on dry matter intake and milk yield. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.82, n.3, p.589-596, mar., 1999.

OLIVEIRA, L.A. **Silício em plantas de feijão e arroz: absorção, transporte, redistribuição e tolerância ao cádmio.** 2009. 158f. Tese (Doutorado em Ciências) – Universidade de São Paulo – Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Piracicaba.

OMETTO, A.R. **Discussão sobre os fatores ambientais impactados pelo setor sucroalcooleiro e a certificação ambiental.** 2000. 255f. Dissertação (Mestrado em Ciências da Engenharia Ambiental) – Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos.

PEIXOTO, A.M. A cana-de-açúcar como recurso forrageiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PASTAGENS, 8., 1986, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, 1986. p.17-47.

PEREIRA, M.N. Novos conceitos em cana-de-açúcar fresca e ensilada. In: Formuleite - SIMPÓSIO INTERNACIONAL EM FORMULAÇÃO DE DIETAS PARA GADO LEITEIRO, 2., 2012, Lavras. **Anais...** Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2012. p.67-94.

POPPI, D.P.; MACRAE, J.C.; BREWER, A.; COOP, R.L. Nitrogen transactions in the digestive tract of lambs exposed to the intestinal parasite *Trichostrongylus colubriformis*. **British Journal of Nutrition**, Cambridge, v.55, p.593-572, 2001.

PRESTON, T.R. Sugarcane as the bases for intensive animal production in the tropics. In: CONFERENCE ON ANIMAL FEEDS OF TROPICAL AND SUBTROPICAL ORIGIN, 1975, London. **Proceedings...** London, p.69, 1975.

PRESTON, T.R. Nutritive value of sugar cane for ruminants. **Tropical Animal Production**, Edinburgh, v.2, n.2, p.125-142, 1977.

QUADROS, D.G. de. **Síntese da lignina e sua interação com os componentes da parede celular na qualidade da forragem**. 2001. 27f. Trabalho (Exigência da Disciplina de Nutrição de Ruminantes) – Universidade Federal Paulista, Jaboticabal.

RAVEN, J.A. Silicon transport at the cell and tissue level. In: DATNOFF, L.E.; SNYDER, G.H.; KORNDÖRFER, G.H. (Ed). **Silicon in agriculture**. Amsterdam: Elsevier, p.41-55, 2001.

RESTLE, J; ANDRADE, P. A importância das forragens na dieta. **Alimentação Animal**, São Paulo, v.3, n.10, p.18-19, 1998.

RODRIGUES, A.A.; PRIMAVES, O.; ESTEVES, S.N. Efeito da qualidade de variedades de cana-de-açúcar sobre seu valor como alimento para bovinos. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v.32, n.12, p.1333-1338, dez., 1997.

RODRIGUES, A.A.; CRUZ, G.M.; BATISTA, L.A.R. et al. Qualidade de dezoito variedades de cana-de-açúcar como alimento para bovinos. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38, 2001, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: SBZ, p.1111-1113, 2001.

SANGSTER, A.G.; HODSON, M.J.; TUBB, H.J. Silicon deposition in highes plants. In: DATNOFF, L.E.; SNYDER, G.H.; KORNBÖRFER, G.H.. **Silicon in agriculture**. Studies in plant science. Amsterdam: Elsevier, 2001, p.85-113, v.8.

SANTOS, V.P. **Tamanho de partículas da cana-de-açúcar in natura na alimentação de vacas e cabras em lactação**. 2010. 119f. Tese (Doutorado em Ciências). Universidade de São Paulo, Piracicaba.

SCIÉCOLA Jr, S. **Proporção de colmos da cana-de-açúcar e desempenho de novilhas e vacas leiteiras**. 2011. 54f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.

SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. de. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. 3.ed. (4ª reimpressão) Universidade Federal de Viçosa: UFV, 2009, 235p.



SNIFFEN, C.J.; O'CONNOR, J.D.; VAN SOEST, P.J. et al. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets. II. Carbohydrate and protein availability. **Journal of Animal Science**, v.70, n.7, p.3562-3577, 1992.

SOUSA, D.M.G.; LOBATO, E. **Cerrado: correção do solo e adubação**. 2.ed. Brasília: Embrapa Cerrados, 416p., 2004.

STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM - SAS. **User's guide**. Cary: SAS Institute, 525p., 2002.

STUPIELLO, J.P. A filha da matéria prima. **STAB**, Piracicaba, v.21, n.2, p.12, 2002.

TAKAHASHI, E.; MA, J.F.; MIYANKE, Y. The possibility of silicon as an essential element for higher plants. **Comments on Agricultural and Food Chemistry**, London, v.2, p.99-122, 1990.

TAKAHASHI, E. Uptake mode and physiological functions of sílica. In: MATUSUO, T.; KUMAZAWA, K.; ISHII, R. et al. **Science of the rice plant physiology**. 2. Phisyology. Nobunkyo: Food and Agriculture Policy Research Center, 1995, cap.5, p.420-433.

TEIXEIRA, C.B. **Determinantes da degradabilidade entre clones de cana-de-açúcar no rúmen de bovinos**. 2004. 84f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

THIAGO, R.D.T. **Avaliação nutricional da cana-de-açúcar submetida a métodos de colheita para produção animal**. 2008. 101f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.

TILLEY, J.M.A.; TERRY, R.A. A two-stage technique for the *in vitro* digestion of forage crops. **Journal of British Grassland Society**, v.18, n.2, p.104-111, 1963.

TORRES, R.A.; COSTA, J.L.; RESENDE, H. Utilização da mistura de cana-de-açúcar com uréia na alimentação de bovinos leiteiros. **Informe Agropecuário**, v.22, p.69-76, 2001.

TURCO, G.M.S. **Produção e composição física da planta de milho para silagem, cultivado em dois níveis de adubação, dois espaçamentos entre linhas e duas densidades de plantio**. 2011. 65f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Federal do Centro-Oeste, Guarapuava.

VON PINHO, R. G.; VASCONCELOS, R. C. de; BBORGES, I.D. et al. Produtividade e qualidade da silagem de milho e sorgo em função da época de semeadura. **Bragantia**, v.66, n.2, p.235-245, 2007.

VAN RAIJ, B. **Fertilidade do solo e adubação**. Piracicaba/ Agronômica Ceres; Associação para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 343p, 1991.

VAN SOEST, P.J.; JONES, L.H.P. Effect of silica in forrages upon digestibility. **Journal of Dairy Science**, v.51, n.10, p.1644-1648, 1968.

VAN SOEST, P.J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2.ed. Ithaca: Cornell University Press, 1994, 476p.

VAN SOEST, P.J.; ROBERTSON, J.B.; LEWIS, B.A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and non starch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.74, n.10, p.3583-3597, oct., 1991.

## CRONOGRAMA DE ATIVIDADES

ANO 2015												
Mês \ Atividade	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12
Revisão de Literatura							X	X	X	X	X	X
Redação do Projeto										X	X	
Defesa Pública do Projeto											X	
Entrega do Projeto												X
ANO 2016												
Mês \ Atividade	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12
Preparo da área					X						X	
Plantio das mudas											X	
Manutenção da área					X	X	X	X	X	X	X	X
ANO 2017												
Mês \ Atividade	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12
Revisão de Literatura	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Manutenção da área	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Manutenção da área	X	X	X	X	X							
Corte da cana					X							
Preparo das amostras					X							
Análises laboratoriais					X							
Interpretação de resultados e análises estatística					X	X						
Redação do artigo						X						