

---

## CANA-DE-AÇÚCAR: MELHORAMENTO GENÉTICO E SUAS FINALIDADES FORRAGEIRAS

BEZERRA, Janieire Dorlamis Cordeiro<sup>1</sup>  
FERREIRA, Geane Dias Gonçalves<sup>2</sup>  
OLIVEIRA, Mauro Wagner de<sup>3</sup>  
CAMPOS, José Maurício de Souza<sup>4</sup>  
ANDRADE, Albericio Pereira de<sup>5</sup>  
NASCIMENTO JÚNIOR, José Ribamar Silva do<sup>6</sup>

---

Recebido em: 2018.07.07

Aprovado em: 2018.10.09

ISSUE DOI: 10.3738/21751463.3518

---

**RESUMO:** O melhoramento genético da cana-de-açúcar tem contribuído para o lançamento de genótipos cada vez mais produtivos, resistentes a doenças e pragas e adaptadas para os diversos tipos de ecossistemas. Todavia, esses avanços se devem ao advento das técnicas biotecnológicas que reduziram o tempo de resposta para o lançamento de novas variedades. Embora o melhoramento seja voltado para a produção industrial de açúcar e álcool, algumas variedades podem ser utilizadas como forrageira, destacando a sua alta produção de matéria seca e fibra. A seleção de variedades de cana para a indústria possui íntima relação com a seleção de cana com fins forrageiros, uma vez que a sacarose é a interseção desses dois sistemas. Portanto, objetivou-se realizar uma revisão de literatura sobre o melhoramento genético de cana-de-açúcar e sua utilização como alternativa forrageira.

**Palavras-chaves:** Alimentação animal, Complexo Saccharum, domesticação, valor nutritivo

## SUGAR CANE: GENETIC IMPROVEMENT AND FORAGE PURPOSES

**SUMMARY:** The genetic improvement of sugarcane has contributed to the launching of genotypes that are increasingly productive, resistant to diseases and pests and adapted to the different types of ecosystems. However, these advances are due to the advent of biotechnological techniques that reduced the response time for the release of new varieties. Although the improvement is focused on the industrial production of sugar and alcohol, some varieties can be used as fodder, highlighting its high production of dry matter and fiber. The selection of sugarcane varieties for the industry is closely related to sugar cane selection for forage purposes, since sucrose is the intersection of these two systems. Therefore, the objective was to conduct a literature review on the genetic improvement of sugarcane and its use as a forage alternative.

**Keywords:** Animal feeding, Saccharum complex, domestication, nutritional value

---

---

<sup>1</sup> Universidade Federal da Paraíba-UFPB

<sup>2</sup> Universidade Federal Rural de Pernambuco/Unidade Acadêmica de Garanhuns-UFRPE/UAG

<sup>3</sup> Universidade Federal de Alagoas/ Centro de Ciências Agrárias-UFAL/CECA

<sup>4</sup> Universidade Federal de Viçosa-UFV

<sup>5</sup> Universidade Federal da Paraíba/Centro de Ciências Agrárias-UFPB/CCA - Universidade Federal Rural de Pernambuco/Unidade Acadêmica de Garanhuns-UFRPE/UAG

<sup>6</sup> Universidade Federal da Paraíba/Centro de Ciências Agrárias-UFPB/CCA

---

## INTRODUÇÃO

O cultivo da cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) no Brasil data do período colonial. O melhoramento genético desta espécie tem contribuído para o lançamento de genótipos cada vez mais produtivos, resistentes a doenças e pragas e adaptadas para os diversos tipos de ecossistemas. Todavia, esses avanços se devem ao advento das técnicas biotecnológicas que reduziram o tempo de resposta para o lançamento de novas variedades. Desta forma, a biologia molecular vem contribuindo para averiguação da diversidade genética, taxa de cruzamento, no DNA *Fingerprinting*, características de interesse, mapeamentos genéticos e seleção assistida por marcadores moleculares (SAMM), que reduzem o tempo de seleção que hoje gira entorno de 12-13 anos.

Embora o melhoramento seja voltado para a produção industrial de açúcar e álcool, algumas variedades podem ser utilizadas como forrageira, destacando a sua alta produção de matéria seca e fibra, que podem ser utilizados em conjunto com alguns alimentos, como por exemplo, a palma forrageira, a qual é pobre em fibra. A seleção de variedades de cana para a indústria possui íntima relação com a seleção de cana com fins forrageiros, uma vez que a sacarose é a interseção desses dois sistemas. Além disso, algumas características relevantes para a escolha de uma variedade são: resistência a pragas e doenças, ausência de florescimento, adaptabilidade, resistência ao tombamento, facilidade de colheita, qualidade da fibra e bom valor nutritivo.

Portanto, objetivou-se realizar uma revisão de literatura sobre a evolução da cana-de-açúcar, da origem ao melhoramento.

## ORIGEM, DOMESTICAÇÃO E DISPERSÃO DA CANA-DE-AÇÚCAR

A origem desta gramínea é bastante controversa, contudo, a maioria dos autores relata que o centro de origem ocorre entre as proximidades do sudeste da Indochina e Oceania, sendo que para Lopes (2011), duas regiões podem ser destacadas, Sudeste asiático (Java e Sumatra) e Austrália, Nova Guiné e suas proximidades. Já para Heerdt (2008) a origem é Melanésia, Indonésia e Nova Guiné, que com o passar dos tempos, foi se propagado para as demais regiões (Figura 1).

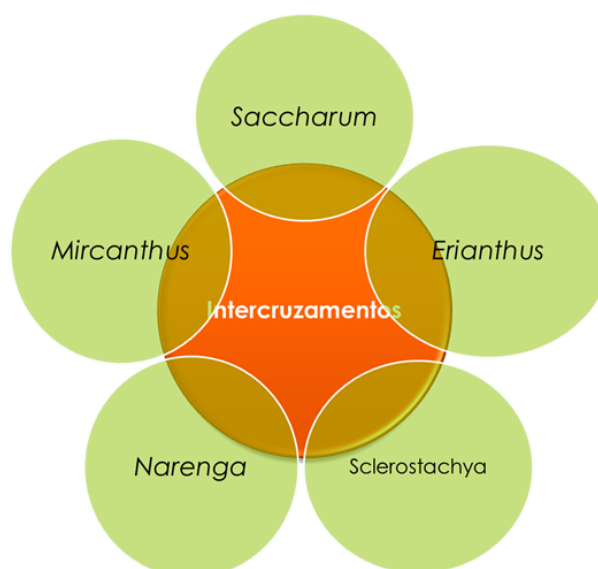
**Figura 1-** Possíveis centros de origem da cana-de-açúcar: linha azul indica a origem segundo a maioria dos autores; linha vermelha baseia-se em Lopes (2011) e linha verde em Heerdt (2008).



Fonte: Autores

Segundo Heerdt (2008) na formação da cana-de-açúcar, dados geobotânicos apontam o envolvimento de cinco gêneros que provavelmente tenham contribuído para a formação: *Saccharum*, *Erianthus*, *Sclerostachya*, *Narenga* e *Mircanthus*, visto que estes formam um grupo onde o inter cruzamento é estreito, ou seja, formam o “complexo *Saccharum*” (Figura 2).

**Figura 2 -** Complexo *Saccharum*



Fonte: Autores

A sua domesticação provavelmente ocorreu na era pré-histórica (2500 a.C.) nas regiões onde se originaram, onde inicialmente os nativos utilizavam esta gramínea para fins de proteção e

alimentação (MATSOUKA, GARCIA; ARIZONO, 2005). A domesticação vegetal visa adaptar as plantas as necessidades humanas, onde estes tiveram suas frequências alélicas modificadas para se tornarem cada vez mais adaptadas, sendo que as mudanças mais comuns são a mutação e ploidia. Indícios da sua disseminação podem ser observados na sua utilização como manufatura na civilização Persa e nas grandes navegações, onde as trocas comerciais proporcionaram a introdução desta gramínea no Brasil (MATSOUKA, GARCIA; ARIZONO, 2005). Nas Américas, sua introdução ocorreu no século XVI na época das grandes navegações por meio de Martins Afonso de Souza.

### **CLASSIFICAÇÃO BOTÂNICA**

Taxonomicamente, a cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) é uma Magnoliophyta que faz parte da família das Poaceas, tribo *Andropogoneae* e gênero *Saccharum*. É uma planta alógama, com elevada heterose e que de forma geral não tolera a endogamia. Conforme Lopes (2011), a maioria dos autores considera a existência de seis espécies: *S. officinarum* L. ( $2n=80$ ); *S. barberi* Jeswiet ( $2n=81-124$ ); *S. sinense* Roxb. ( $2n=11-120$ ); *S. edule* Hassk. ( $2n=60-80$ ); *S. spontanium* L. ( $2n=40-128$ ); *S. robustum* Brandes e Jewiet ex Grassl ( $2n=60-205$ ), sendo que as duas últimas são consideradas como espécies selvagens. Matsouka, Garcia e Arizono (2005), salientaram ainda que a classificação pode consistir de cinco espécies, devido à fusão da *S. barberi* e *S. sinense*. Das seis espécies citadas as que atualmente possuem maior contribuição no melhoramento genético são *S. officinarum* L. e *S. spontaneum* L.

Assim, observa-se que esta espécie possui relações filogenéticas variadas com uma ampla variação de ploidia, que agregado a este fator, Albino, Crestes e Figueiredo (2006), salientam ainda a ocorrência de aneuploidia, o que torna o melhoramento genético desta espécie mais complexo, com cerca de 12 anos para se ter uma nova cultivar.

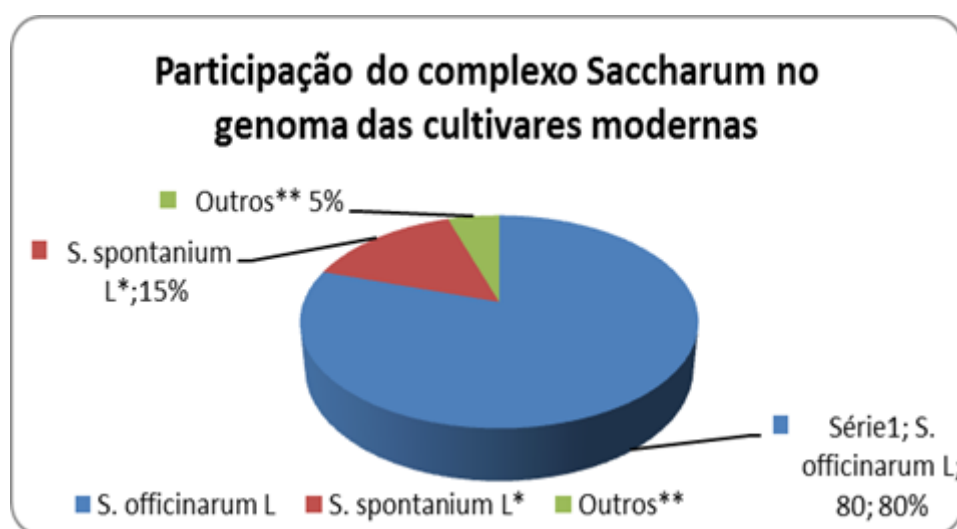
### **Complexo *Saccharum***

Das seis espécies de cana descritas as que mais contribuíram com o melhoramento genético foram *S. officinarum* L. e *S. spontaneum* L. A primeira espécie, conhecida também como “cana nobre” pelas suas características, como: cor brilhante, colmos grossos e suculentos, alto teores de sacarose e características que se enquadram no perfil industrial, foi amplamente utilizada com destaque para as variedades Caiana (que foi a principal variedade introduzida no Brasil), as do grupo Cheribon (Cristalina, Listada, Roxa ou Preta e a Rosa ou Vermelha) e a Salangor. Portanto, esta espécie é considerada uma espécie base dos programas de melhoramento (MATSUOKA, GARCIA; ARIZONO, 2005).

A *S. spontaneum* L., ultimamente vem contribuindo na formação de híbridos devido as suas características de vigor, dureza, perfilhamento, rizoma vigoroso e resistência a patógenos. As demais espécies são pouco utilizadas por motivos como esterilidade, colmos finos a médios e ausência de rizomas. Segundo Lopes (2011) o cruzamento dessas duas principais espécies proporcionaram a formação de híbridos interespecíficos robustos e mais adaptados. Devido a isto, esse autor salienta que a maioria das cultivares modernas possui mais de 100 cromossomos ( $2n=100-130$ ). Baseado em D'Hont et al. (1996), a *S. officinarum* L. contribui com 80% do genoma das cultivares modernas (Figura 3).

Matsuoka, Garcia e Arizono (2005), salientam que as cultivares utilizadas comercialmente nos dias de hoje são híbridos da 6ª a 10ª geração. Portanto, cruzamentos interespecíficos e nobilitação contribuíram para o sucesso do melhoramento desta gramínea.

**Figura 3-** Participação com complexo Saccharum no genoma das cultivares modernas.



\*Os valores de *S. spontaneum* L e de Outros\*\* podem varia de 10-15% e 5-10%, respectivamente

\*\* Outros = *S. barberi* Jeswiet, *S. robustum* Brandes e Jewiet ex Grassl, *S. sinense* Roxb e *S. edule* Hassk.

Fonte: Autores

## HISTORIA DO MELHORAMENTO DA CANA-DE-AÇÚCAR

O início do melhoramento de cana está entrelaçado com o seu cultivo de tal forma que esta é uma das espécies cultivadas, tal qual o milho, que foi intensamente melhorada (MATSUOKA et al., 1999 apud HEERDT, 2008). Mundialmente, o melhoramento propriamente dito, ocorreu no mesmo período (final do século XIX) em Java e em Barbados. Em Java, Soltwedel realizou em 1885 a germinação de sementes de *S. spontaneum* e em 1887 realizou o cruzamento destas com a *S. officinarum*. Ao mesmo tempo, em Barbados, Harrison e Bovell

obtiveram plântulas por meio de sementes de cana coletadas no campo (MATSUOKA, GARCIA; ARIZONO, 2005).

Para Ming et al. (2006) *apud* Lopes (2011), o melhoramento de cana pode ser classificado, historicamente, em cinco fases, em que se observa que hoje as variedades comerciais são híbridos resultantes desses cruzamentos (1ª = Cruzamento e seleção de clones de cana-de-açúcar nobre para se obter outras cultivares nobres; 2ª = Híbridização interespecífica entre *S. officinarum* e *S. spontaneum*, seguidos de retrocruzamentos sucessivos com *S. officinarum* (nobilização); 3ª = Cruzamento das canas nobilizadas para a obtenção de híbridos melhorados; 4ª = Cruzamento entre híbridos da fase anterior e as da fase de nobilização. 5ª = Recuperação da variabilidade por meio da utilização dos bancos de germoplasma, sobretudo, utilizando os acessos selvagens).

A preocupação em selecionar variedades como maior teor de sacarose pode ser vistos nos trabalhos de Andrade (1985), onde Matsuoka, Garcia e Arizono (2005) abordaram que neste trabalho o autor relatou que uma circular tinha a proposta para que os proprietários realizassem a coleta de sementes de cana para realizar a seleção de tipos superiores para este propósito. O resultado foi a criação da variedade manteiga que durante 30 anos foi a variedade mais utilizada no estado de Pernambuco.

Os primeiros indícios do melhoramento no Brasil ocorreram durante o final do século XIX. Neste período, também ocorreram intercâmbio de materiais em virtude da baixa produtividade e dos problemas fitossanitários. Inicialmente, esses intercâmbios partiram dos donos de engenhos, os quais realizavam um melhoramento empírico, apenas por curiosidade, mas que deram origem a cultivares como São Julião a partir do cruzamento das variedades Caiana x Cana-Mole e da variedade Manteiga que foi resultante do cruzamento das variedades Cana Ubá x Cana Roxa, ambas desenvolvidas na década de 70 do século XIX (MATSUOKA, GARCIA; ARIZONO, 2005).

O melhoramento genético de cana mais científico ocorreu a partir das instalações de programas no início do século XX, quando, em Pernambuco, duas estações experimentais foram implantadas: uma era a de Escada e a outra a de Curado. A partir deste momento foram surgindo diversos programas de melhoramento da cana-de-açúcar. Ao todo existiram 13 programas, no entanto, apenas quatro estão ativos: Instituto Agrônomo de Campinas (IAC); Universidades Federais/RIDES (RB), Canavialis (CV) e o Centro Tecnológico Canavieira (CTC) (BRESSIANI et al., 2006; MATSUOKA et al., 2005). Cada cultivar comercial desenvolvida por estes programas recebem uma nomenclatura específica, na qual as siglas IAC, CTC, RB, CV, dentre outras, indicam o programa responsável pelo cruzamento e seleção, sendo que os dois

primeiros números (86, 92, 94, 98, por exemplo) indicam o ano de cruzamento e os demais números especificam o clone.

No Brasil o melhoramento genético de cana-de-açúcar é voltado fortemente para produção industrial. Todavia, alguns critérios, como o teor de sacarose, são pontos em comum entre a seleção de variedades, tanto para a indústria, como para a alimentação animal. No ano de 2002 o Instituto Agrônomo de Campinas (IAC) lançou uma variedade de cana-de-açúcar melhorada especificamente para a produção de forragem; trata-se da variedade IAC86-2480. Segundo Jacovetti (2010) esta variedade possui o crescimento ereto, bainha aderida fracamente ao colmo, o que conseqüentemente facilita a desfolha natural, e possui uma boa relação entre o teor de fibra e a quantidade de açúcar. Segundo o Instituto Agrônomo de Campinas (IAC, 2011) esta variedade, que apresenta baixa relação FDN/sacarose aparente, confere melhor digestibilidade, possuindo bons resultados de manejo e ganhos de peso animal. No entanto, outras variedades de cana-de-açúcar com potencial forrageiro como a RB 83-5486, apresentam características superiores à IAC86-2480, tais como melhores relações de fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) e FDN/Carboidratos solúveis (FREITAS et al., 2006). Marques e Silva (2008) analisando as variedades IAC86-2480 e a RB 86-7515, observaram a superioridade desta última para as variáveis Brix (sólidos solúveis), Pol (sacarose aparente), AF (área foliar) e MS (matéria seca), caracterizando o índice de produtividade da IAC86-2480 como inadequado para a produção de forragem.

## **MELHORAMENTO GENÉTICO DA CANA-DE-AÇÚCAR**

De forma geral, os programas de Melhoramento genético de cana-de-açúcar para a produção industrial visam primordialmente à seleção de genótipos com alta produção de açúcar por área. No entanto, outros fatores também podem ser levados em consideração como as características agrônomicas, produtivas e fitossanitárias. Para Carvalho et al. (2010), os programas de melhoramento pode conciliar tanto a produção industrial como a nutrição animal quando o parâmetro de seleção for baseado na digestibilidade *in vitro* da fibra em detergente neutro (DIVFDN), pois, esta variável não irá influenciar nos teores de açúcar da cana.

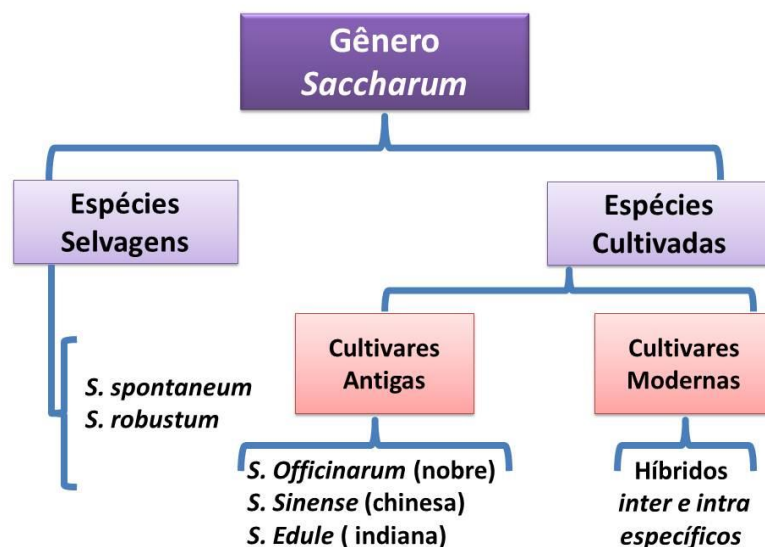
O melhoramento de cana consiste de um desafio, pois se trata de uma planta alógama com variados níveis de ploidia. Assim, para que o programa de melhoramento tenha sucesso é necessário definir objetivos, realizar um levantamento do que foi obtido em outros programas, averiguar os materiais existentes, determinar a taxa de alogamia e realizar estudos de base genética. Uma das metodologias utilizadas no melhoramento da cana é a hibridização, visto que esta contribuiu substancialmente para a diversificação da cultura, proporcionando melhores

desempenhos das características agronômicas e de produção. A maioria dos programas atuais de melhoramento da cana tem se baseado em esquemas de seleção recorrentes, onde para que haja eficiência são necessários utilizar nas etapas iniciais grades populações de indivíduos. Todavia, a seleção recorrente pode ser dificultada pelas variações ambientais e com isso prejudicar na identificação de genótipos superiores.

Da seleção no banco de germoplasma até o lançamento de uma nova cultivar, a seleção para obtenção de novas variedades pode passar por várias fases. Todavia, no caso da cana-de-açúcar a seleção está voltada para o desenvolvimento de genótipos para o setor industrial, o que faz com que o fluxograma seja diferente. Essa complexidade está atrelada a vários fatores, pois para se chegar a um idepotipo é necessário que o programa de melhoramento integre todas as variáveis possíveis como as de caráter quantitativas (características agronômicas, industriais e fitossanitárias) com os componentes ambientais (MATSUOKA, GARCIA; ARIZONO, 2005).

Nos programas de melhoramento, a variabilidade pode ser obtida por meio do cruzamento de indivíduos divergentes que, conseqüentemente, diminuem o estreitamento da base genética e a vulnerabilidade genética (Lopes, 2007). Os esforços para o desenvolvimento de variedades de cana mais adaptadas aos interesses econômicos e as necessidades humanas, transformaram esta cultura em uma das mais avançadas quanto ao grau de melhoramento, visto que hoje são predominantes as cultivares híbridas. Heerdt (2008) classifica as espécies cultivadas em cultivares antigas e cultivares atualmente em cultivo (Figura 4).

**Figura 4** – Classificação das espécies e cultivares do gênero *Saccharum*



Fonte: Heerdt (2008).



As cultivares antigas, que descendem das primeiras cultivares domesticadas, foram importantes progenitoras das cultivares modernas, as quais são híbridos inter e intra específicos. Uma das metodologias utilizadas para a obtenção dessas cultivares foi o processo de nobilitação, que consiste no intercruzamento entre as cultivares tradicionais com as espécies selvagens, seguidos de sucessivos retrocruzamentos com a *S. officinarum*.

Desta forma, vê-se que as técnicas de melhoramento desta gramínea contribuíram para solidificar as bases dos programas de melhoramento de cana-de-açúcar existentes no Brasil.

## **BIOTECNOLOGIAS UTILIZADAS NO MELHORAMENTO DA CANA**

Com o advento da biotecnologia, o melhoramento de plantas vem se tornando cada vez mais eficientes, principalmente quanto à diminuição de tempo para o lançamento de uma nova cultivar, visto que a manipulação a nível celular e molecular permite obter resultados mais acurados.

Algumas das contribuições da biotecnologia no melhoramento genético da cana-de-açúcar serão descritos mais adiante.

### ***Marcadores moleculares***

A revolução dos marcadores genéticos moleculares deu início com o desenvolvimento de marcadores isoenzimáticos. Dentre as vantagens, ainda se destacam a insensibilidade a epistasia e pleiotropia, sendo utilizadas como amostragem células ou tecidos da planta. Assim surgiram várias técnicas de detecção de polimorfismo genético (variabilidade genética ao nível de seqüência de DNA).

Segundo Ferreira e Grattapaglia (1998), marcadores moleculares são “*todo e qualquer fenótipo molecular oriundo de um gene expresso ou de um seguimento específico de DNA*”. Assim, em outras palavras o marcador representa uma característica ou um conjunto de características que possibilitam a detecção de diferenças entre indivíduos ou organismos, desde que se comportem de acordo com as leis de Mendel (CHIARI; CANÇADO, 2008).

Por meio dos marcadores, é possível correlacioná-los com os genes que controlam certas características de interesse e através deles genoma das espécies são desvendados, fornecendo informação sobre sua estrutura e função. Assim, os marcadores contribuem para a formação de mapas genéticos que permitem diferenciar se as suas características de interesse são de herança complexa ou simples (Lopes, 2011).

Segundo Lopes (2011) a contribuição dos mapas genéticos em cana se deu por meio da utilização de marcadores moleculares como RFLP (*Polimorfismo do Tamanho do Fragmento de Restrição*), SSR (Sequências Simples Repetidas), RAPD (Polimorfismo de DNA Amplificado ao Acaso), AFLP (Polimorfismo de Comprimento de Fragmentos Amplificados) e TRAP (Polimorfismo Amplificado de Região Alvo).

Atualmente os métodos de marcadores baseados na PCR (reação de polimerase em cadeia) são os mais utilizados e se baseiam na síntese de milhões de cópias de determinado segmento de DNA graças a enzima polimerase, ocorrendo três etapas: desnaturação do DNA; anelamento e extensão através de primers. Desta forma, pode-se destacar o RAPD que se baseia na amplificação do DNA, eliminando a necessidade de seleção de sondas e não necessitam da utilização de enzimas de restrição, pois podem ser observados diretamente no gel (Chiari e Cançado, 2008). Já os Marcadores de Microssatélites ou são caracterizados por repetições em *tandem* de um mono, di, tri ou tetranucleotódeos, localizados em regiões de sequência única, onde os microssatélites podem ser amplificados de maneira específica por meio de primers específicos (REGITANO, 2001). Com os marcadores as características, tanto qualitativas como quantitativas, podem ser utilizadas para a seleção inclusive para a seleção simultânea de características desejadas.

Desta forma, os marcadores moleculares proporcionam estudos sobre diversidade de acessos em banco de germoplasma, na identificação de híbridos, estimativa de taxa de cruzamento, mapeamento genético e SAMM (seleção assistida por marcadores moleculares). Vê-se que esses estudos possibilitam a seleção ou transformação de genótipos com características de interesse que estejam ligadas aos marcadores como resistência a doenças, estresse iônico de certos componentes da solução do solo.

### ***Transgenia***

Esta técnica consiste no isolamento de genes de uma espécie e a transferência destes para outra espécie, as culturas transgênicas poderão aumentar a produtividade agrícola e garantir o atendimento das necessidades humanas. A cana é uma verdadeira biofábrica que pode dar origem a diversos produtos como plástico biodegradável, papel, ração para animais, fertilizantes, tecidos, proteínas, próteses, colágeno, plasma sanguíneo, insulina e vacinas.

Na cana-de-açúcar uma das técnicas utilizadas é a de bombardeamento, contudo, este método possui problemas relacionados com a complexidade de integração com os transgenes, o que faz com que a transformação seja realizando também por meio *Agrobacterium tumefaciens* (Heerdt, 2008).

## **SAMM**

Para a utilização da Seleção Assistida por Marcadores Moleculares (SAMM) se faz necessário a construção de mapas genéticos de ligação, bem como a identificação de marcadores que estejam extremamente ligados aos genes de interesse (ALBINO; CRESTE; FIGUEIREDO, 2006). O mapeamento de cana é baseado na segregação de marcadores de dose única (MDU), que proporcionou a construção de diversos mapas. Segundo Albino, Creste e Figueiredo (2006), o primeiro mapa teve por base uma progênie de 88 indivíduos e no Brasil um mapa genético que está em fase de construção, utilizarão cerca de 498 indivíduos e marcadores dos tipos RFLP, AFLP e SSR. Um dos mapas utilizados é o do tipo QTL (mapeamento de locos de caracteres quantitativos), pois a maioria das características de importância econômica é resultado da ação de vários genes, em que se faz necessário a obtenção de informações como número, posição cromossômica, a intensidade dos efeitos e interações dos locos que controlam a expressão. Segundo Albino, Creste e Figueiredo (2006) o QTL é um segmento do cromossomo que influencia uma determinada característica, sendo que este mapeamento se baseia em testes estatísticos de associação entre o número e a localização dos genes que controlam a variação fenotípica de um determinado caráter.

## **Utilização de cana-de-açúcar na alimentação animal**

Uma das peculiaridades desta gramínea está relacionada ao seu estágio de maturação. Enquanto a maioria das gramíneas aumenta principalmente a deposição de compostos fenólicos e diminuem a proporção de conteúdo celular na medida em que a idade da planta avança, a cana-de-açúcar passa a aumentar a concentração de sacarose. (RODRIGUES, 1995; TOPPA et al., 2010; TOWNSEND et al., 2006). A idade da planta é um fator que influencia no valor nutritivo, sendo que as diversas variedades de cana-de-açúcar proporcionam respostas variadas quanto ao acúmulo de sacarose (CARVALHO et al. 2010). Desta forma, é importante a realização da avaliação do desempenho de variedades, com o intuito de averiguar as mais adaptadas às condições edafoclimáticas. Além disto, o estudo da maturação é importante para um melhor aproveitamento da qualidade nutricional da forrageira.

A cana-de-açúcar apresenta algumas limitações nutricionais, como a baixa degradabilidade ruminal da fibra, baixos índices de proteína bruta, minerais e extrato etéreo (TOWNSEND et al., 2006; MELLO et al., 2006). Os teores de proteína bruta (PB) e extrato etéreo (EE) podem variar respectivamente entre 1,89-3,34% e 0,61-0,89% (MELLO et al., 2006).

Os teores de minerais variam em função da variedade, podendo apresentar valores entre 0,03% ou 3,4% (OLIVEIRA, 1999; PINTO et al., 2003). A deficiência em minerais, tais como P, S, Mg e Co dificulta a digestão de carboidratos e o metabolismo de nitrogênio, diminuindo a

digestibilidade de matéria orgânica e a produção de ácidos graxos de cadeia curta. A deficiência em enxofre acarreta em baixa síntese de aminoácidos essenciais (metionina, cisteína e cistina), dificultando a síntese microbiana no rúmen, assim como a deficiência de magnésio, que é essencial na síntese dos ácidos nucleicos. O fósforo contribui na síntese da proteína microbiana e na reciclagem da amônia ruminal e o cobalto é componente estrutural da vitamina B<sub>12</sub>, que participa do metabolismo do ácido propiônico (GONZÁLEZ, 2000; OSPINA et al., 1999).

O entendimento da dinâmica das variáveis químico-bromatológicas em termos quantitativos e qualitativos possibilita obter melhor acurácia do comportamento dos alimentos nos animais. Assim, Fernandes et al. (2003) analisaram a proporção da proteína e observaram que, embora o teor de PB seja baixo, a porcentagem da proteína solúvel em detergente neutro (PSDN) foi, em média, de 86%. Isto significa que 86% da proteína da cana-de-açúcar poderá ser disponibilizada para o animal e as demais (14%) ficarão indisponíveis ou na fração da proteína insolúvel em detergente neutro (PIDN) ou na fração da proteína insolúvel em detergente ácido (PIDA).

Desse modo, a seleção de uma variedade deve ser baseada em outros aspectos nutricionais, como a proporção e o tipo de lignina, e as proporções de carboidratos totais (CHOT), de proteína insolúvel em detergente neutro (PIDN), de fibra em detergente neutro (FDN) e de fibra em detergente ácido (FDA), os quais influenciam diretamente na qualidade nutricional (MELLO et al., 2006).

Alguns autores relacionam o teor de FDN com o brix e outros com os teores de pol. O brix tem relação com o teor de sólidos solúveis contidos em uma solução de sacarose e o pol é a porcentagem de sacarose contida em uma solução açucarada. Segundo Fernandes et al. (2003) maiores valores de FDN equivalem a menores teores de brix. Com a maturidade da cana-de-açúcar ocorrerá um aumento do teor de brix, chegando ao seu ápice, seguido de uma queda (formando um modelo quadrático) e, ao mesmo tempo, a parede celular apresenta-se em processo de lignificação crescente (CARVALHO et al., 2010).

A relação entre os teores de fibra e sacarose (FDN/pol) pode auxiliar na escolha de genótipos de cana-de-açúcar para a alimentação animal, sendo esta relação considerada apropriada por volta de 2,7, obtendo uma fibra de melhor qualidade (CARVALHO et al., 2010, OLIVEIRA, 1999; RODRIGUES et al., 1997). Assim, quanto menor esta relação mais energia o animal poderá consumir, visto que altos índices de FDN causam o enchimento de material com baixa digestão e, conseqüentemente, menor consumo de energia.

Com a utilização deste índice, Mello et al. (2006) obtiveram seis variedades com potencial para a alimentação de ruminantes: RB 835486 (2,72%); RB 855536 (2,99%); SP 791011 (3,04%); RB 845257 (3,07%); SP 813250 (3,14%) e SP 801816 (3,20). Contudo, observou-se que

se a seleção fosse realizada apenas pela FDN ou somente pelo pol algumas variedades entrariam na seleção, como é o caso da variedade RB 72454, que apresentou um teor de FDN baixo (46,93%), o que seria interessante; todavia apresentou a menor taxa de pol (13,68%). Os teores desejáveis de FDN devem ser menores que 52%, o Brix maior que 18%, o Pol maior que 14%, FDN/Brix menor que 3,03 e a porcentagem de colmos maior que 80% (MELLO et al., 2006; OLIVEIRA, 1999; RODRIGUES et al., 1997, RODRIGUES, 1995).

O fracionamento dos carboidratos totais em frações A+B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, C e CNF (carboidratos não fibrosos) pode auxiliar na seleção de variedades de cana-de-açúcar para fins forrageiros, visto que cada fração desta possui um comportamento peculiar. A fração C possui relação com a lignina, ou seja, é a fibra indisponível; a B<sub>2</sub> é a fibra disponível, a qual é responsável pelo fornecimento de energia mais lentamente para a microbiota que, por consequência, aumenta a síntese microbiana ruminal; a fração A+B<sub>1</sub> (carboidratos não fibrosos) é a que possui elevada degradação ruminal e correlação negativa com a FDN. Cruz et al. (2010) encontraram na cana-de-açúcar valores de carboidratos totais de 95,2%, carboidratos não fibrosos variando entre 50,7-57,3%, B<sub>2</sub> entre 27,3-29% e C de 9,4-15,4%.

O colmo influencia na qualidade da planta inteira. No trabalho de Carvalho et al. (2010) a superioridade nutricional do colmo em relação às folhas fica evidente nos teores de FDN (38,2% contra 68,7%) e lignina (5,6% contra 6,5%), diferentemente de outras forrageiras. Isso se deve à alta deposição de sacarose no colmo. Contudo, no mesmo trabalho foi observado que a digestibilidade da fibra do colmo foi baixa. Isso ocorreu em virtude da lignificação da parede celular, onde a taxa de lignina foi maior e a digestibilidade *in vitro* da FDN menor. Consequentemente, poderá ocorrer um acúmulo de material não degradado no rúmen, causando repleção ruminal, que poderá levar a um quadro de queda de consumo.

O consumo de matéria seca possui papel importante na nutrição animal, uma vez que influencia diretamente nos níveis de nutrientes ingeridos e, consequentemente, no seu desempenho (BERCHIELLI et al., 2006). Desse modo, a utilização da cana-de-açúcar como alimento exclusivo em animais de alta exigência nutricional, por exemplo, vacas leiteiras em lactação, ocasionam na redução do consumo e na produção de leite (MAGALHÃES et al., 2004). Todavia, quando este volumoso é fornecido adequadamente, pode-se observar crescimento na produção (LIMA et al., 2004).

A utilização deste volumoso para animais de média a alta produção deve ser realizada de forma que não ocorra a baixa ingestão de MS. Sendo assim, observou-se que a relação volumoso:concentrado de 40:60 garante melhor desempenho produtivo (COSTA et al., 2005; RANGEL et al., 2010).

Ao substituir a silagem de milho por cana-de-açúcar, Magalhães et al. (2006) recomendaram uma substituição da porção volumosa da dieta de até 33,3% para vacas em lactação com produções médias diárias de 24 kg de leite. Médias diárias de ganho de peso vivo de 0,65 a 0,89 kg e conversão alimentar de 7,64 a 10,18 kg MS/kg de ganho, foram observados por Rodrigues et al. (2002), ao utilizarem variedades de cana-de-açúcar com maiores valores de digestibilidade in vitro da MS e baixa relação FDN/pol. Fernandes et al. (2007), utilizando dietas com elevada participação de concentrado, observaram um desempenho equivalente em animais da raça Canchim alimentados com 40% de silagem de milho ou de cana-de-açúcar. Em compilação realizada por Valadares Filho et al. (2008), o desempenho e o consumo médio em dietas a base de cana-de-açúcar foram, respectivamente, 0,78kg/dia e 2,19% do PV.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O melhoramento genético de cana-de-açúcar é um caminho árduo que pode durar anos até o lançamento de uma nova cultivar. Todavia, é um trabalho prazeroso, pois esses estudos contribuem para dispor ao mercado produtos de qualidades que atendam tanto a produção industrial como animal. A cana pode ser utilizada como uma alternativa forrageira, principalmente em períodos quentes e secos, época em que ocorre a maior deposição de sacarose, melhorando o seu valor nutritivo. A escolha de variedades de cana para a indústria possui íntima relação com a seleção de cana com fins forrageiros uma vez que a sacarose é a interseção desses dois sistemas. Embora a escolha da variedade de cana para fins forrageiros possa se dá pela sua relação do teor de FDN com o brix ou com pol, a qualidade da fibra deverá ser levada em consideração.

## REFERENCIAS

- ALBINO, J.C.; CRESTES, S.; FIGUEIREDO, A. Mapeamento Genético da Cana-de-Açúcar. **Biotecnologia Ciência e desenvolvimento**, Brasília, v. 36, p. 82-91, 2006.
- ANDRADE, M. C. **A Terra e o Homem no Nordeste**. 5ª ed. São Paulo: Atlas, 1985.252p.
- BERCHIELLI, T. T.; GARCIA, A. V.; OLIVEIRA, S. G. Principais técnicas de avaliação aplicadas em estudo de nutrição. In: BERCHIELLI, T. T.; PIRES, A. V.; OLIVEIRA, S. G. **Nutrição de ruminantes**. Jaboticabal: Funep, 2006. p. 397-421.
- BRESSIANI, J.A. **Seleção sequencial em cana-de-açúcar**. 2001. 159p. Tese (Doutorado em Agronomia)-Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz/Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2001.

CARVALHO, M.V.et al. Composição bromatológica e digestibilidade de cana-de-açúcar colhida em duas épocas do ano. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, São Paulo, v. 47, n. 4, p. 298-306, 2010.

CHIARI, L; CANÇADO, L. J. Marcadores genéticos no melhoramento de forrageiras. In: RESENDE, R.M.S.; VALLE, C. B.; JANK, L. **Melhoramento de Forrageiras Tropicais**. 1ª ed. Campo Grande: Embrapa Gado de Corte, 2008. p.163-193.

COSTA, M.G.et al. Desempenho produtivo de vacas leiteiras alimentadas com diferentes proporções de cana-de-açúcar e concentrado ou silagem de milho na dieta. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.34, n.6, p.2437-2445, 2005.

CRUZ, P. G.et al. Fracionamento e cinética da fermentação ruminal in vitro dos carboidratos de cinco variedades de cana-de-açúcar. **Ciência Animal Brasileira**, Goiânia, v. 11, p. 784-793, 2010.

D'HONT A.et al. Characterisation of the double genome structure of modern sugarcane cultivars (*Saccharum* spp.) by molecular cytogenetics. **Molecular Genetics and Genomics**, v. 250, p. 405-413, 1996.

FERNANDES, A.M.et al. Composição Químico-Bromatológica de Variedades de Cana-de-Açúcar (*Saccharum spp L.*) com Diferentes Ciclos de Produção (Precoce e Intermediário) em Três Idades de Corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa .32, n. 4, p.977-985, 2003.

FERNANDES, A.R.M.et al. Avaliação econômica e desempenho de machos e fêmeas Canchim em confinamento alimentados com dietas à base de silagem de milho e concentrado ou cana-de-açúcar e concentrado contendo grãos de girassol. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.36, n.4, p.855-864, 2007.

FERREIRA, M.E.; GRATTAPAGLIA, D. **Introdução ao uso de marcadores moleculares em análise genética**. 2 ed. Brasília: Embrapa-Cenargen, 1998. 220 p.

FREITAS, A.W.Pet al. Avaliação da divergência nutricional de genótipos de cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 35, n. 1, p.229-236, 2006.

GONZÁLEZ, F.H. Indicadores sanguíneos do metabolismo mineral em ruminantes. In: DIAZ GONZÁLEZ, F.H.; BARCELLOS, J.O.; RIBEIRO, L.A.O. **Perfil metabólico em ruminantes: seu uso em nutrição e doenças nutricionais**. Porto Alegre: UFRGS, 2000. p.31-51.

HEERDT, E. **Indução da embriogênese somático em cana-de-açúcar**. 2008. 39. Dissertação (*Magister Scientiae*) Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2008.

INSTITUTO AGRONÔMICO DE CAMPINAS [2011]. **Bancos de Germosplasma**. disponível em <<http://www.iac.br/>> Acesso em 02 de Nov. 2011.

JACOVETTI, R. **Produção e utilização de cana de açúcar para alimentação de vacas leiteiras**. 2010. 21. Seminário (Mestrado em Ciência Animal) Universidade Federal de Goiás, Goiania. 2010.

LIMA, M. L. P.; SILVA, D. N.; NOGUEIRA, J. R. Produção de leite e consumo de matéria seca de vacas alimentadas com cana-de-açúcar forrageira IAC-86-2480. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 41., 2004, Campo Grande. **Anais ...** Campo Grande, 2004.

LOPES V.S. **Divergência genética entre clones de cana-de-açúcar da serie RB97.** 2007.87f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 2007.

LOPES, F.C.C. **Mapeamento genético de cana-de-açúcar (*saccharum* spp.) por associação empregando marcadores SSR e AFLP.** 2011. 144. Tese (Doutorado em Ciências) Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz/Universidade de São Paulo, Piracicaba. 2011

MAGALHÃES, A. L. R.et al. Cana-de-açúcar em substituição à silagem de milho em dietas para vacas em lactação: desempenho e viabilidade econômica. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 33, n. 5, p. 1292-1302, 2004.

MAGALHÃES, A. L. R.et al. Cana-de-açúcar em substituição à silagem de milho em dietas para vacas em lactação: parâmetros digestivos e ruminais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 35, n. 2, p. 591-599, 2006.

MARQUES, T. A.; SILVA, W. H. Crescimento vegetativo e maturação em três cultivares de cana-de-açúcar. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**. João Pessoa, v. 8, p. 54-60, 2008.

MATSUOKA, S.; GARCIA, A.A.F.; ARIZONO, H. Melhoramento da cana-de-açúcar. In: BOREM, A. **Melhoramento de espécies cultivadas**. Viçosa: Editora UFV, 2005. p. 225-274.

MELLO, S.Q.S.et al. Parâmetros do valor nutritivo de nove variedades de cana-de-açúcar cultivadas sob irrigação. **Ciência Animal Brasileira**, Goiânia, v. 7, n. 4, p. 373-380, 2006.

OLIVEIRA, M.D.S. **Cana-de-açúcar na alimentação de bovinos**. 1. ed. Jaboticabal, SP: FUNEP, 1999. 128 p.

OSPINA, H., PRATES, E.R., BARCELLOS, J.O.J. A suplementação mineral e o desafio de otimizar o ambiente ruminal para a digestão da fibra. In: Encontro anual sobre nutrição de ruminantes da UFRGS - suplementação mineral de bovinos, 1.,1999, São Gabriel. **Anais...** São Gabriel: UFRGS, 1999. p. 37-60.

PINTO, A.P.; PEREIRA, E.S.; MIZUBUTI, I.Y. Características nutricionais e formas de utilização da cana-de-açúcar na alimentação de ruminantes. **Semina Ciências Agrárias**, Londrina, v.24, n.1, p.73-84, 2003.

RANGEL, H.N.A.et al. Desempenho e parâmetros nutricionais de fêmeas leiteiras em crescimento alimentadas com silagem de milho ou cana-de-açúcar com concentrado. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.39, n.11, p.2518-2526, 2010.

REGITANO, L.C.A. Extração de DNA para aplicação em reação em cadeia da polimerase (PCR). In: REGITANO L.C.A.;COUTINHO L. L. **Biologia Molecular Aplicada à Produção Animal**. Embrapa, Brasília, DF, 2001, p.179-186.

RODRIGUES, A. A.; PRIMAVERSI, 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, 1997.



RODRIGUES, A.A.et al. Efeito da qualidade de quatro variedades de cana-de-açúcar no ganho de peso de novilhas canchim. In: Reunião anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 39., 2002, Recife. **Anais...** Recife: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2002. CD-ROM.

RODRIGUES, J.D. [1995]. **Fisiologia da Cana-de-Açúcar**.disponível em <<http://pt.scribd.com/doc/6301126/Canadeacucar-Ecofisiologia>> acessado em 04 de out. 2011.

TOPPA, E. V. B.et al. Aspectos da fisiologia de produção da cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.). **Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia**, Guarapuava, v. 3, n. 3, 2010.

TOWNSEND, C.R.et al. Avaliação Agronômica de Variedades de Cana-de-Açúcar para Fins Forrageiros em Rondônia. **Revista Científica de Produção Animal**, Teresina, v. 8, n .2, p.15-20, 2006.

VALADARES FILHO, S. C.et al Otimização de dietas à base de cana-de-açúcar. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE PRODUÇÃO DE GADO DE CORTE, 2., 2008, Viçosa. **Anais...** Viçosa: CPT, 2008. p.121-125.