

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS
Programa de Pós Graduação em Sistemas de
Produção Agrícola Familiar



Dissertação

**Desempenho agrônômico de genótipos de cana-de-
açúcar no estado do Rio Grande do Sul**

Mario Alvaro Aloisio Verissimo

Pelotas, 2012

MARIO ALVARO ALOISIO VERISSIMO

**DESEMPENHO AGRONÔMICO DE GENÓTIPOS DE CANA-DE-AÇÚCAR NO
ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar da Universidade Federal de Pelotas, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciências (área do conhecimento: Fitotecnia).

Orientador: Sérgio Delmar dos Anjos e Silva

Co-Orientadores: Bernardo Ueno
Edelclaiton Daros

Pelotas, 2012

Banca examinadora:

Dr. Sérgio Delmar dos Anjos e Silva
(Embrapa Clima Temperado)
(Presidente)

Prof. Dr. Ricardo Augusto de Oliveira
(Universidade Federal do Paraná – UFPR)
(Examinador)

Prof. Dr. Luis Antonio Verissimo Correa
(UFPEl)
(Examinador)

Dr. Eberson Diedrich Eicholz
(Embrapa Clima Temperado)
(Examinador)

A DEUS, pela sua Graça que sempre nos ilumina.

Aos meus pais, Maria Rogéria e Mario José e minha irmã Maria Luiza, que nunca mediram esforços para minha vida e formação, obrigado pelo apoio e por sempre acreditarem em mim.

DEDICO

Agradecimentos

A Deus, por todas as bênçãos e proteção.

Ao Pesquisador Dr. Sérgio Delmar dos Anjos e Silva, pela orientação, oportunidade e acima de tudo, pela amizade sincera, otimismo e alegria de trabalhar, viver e fazer o bem.

Aos co-orientadores, pesquisador Dr. Bernardo Ueno e professor Dr. Edelclaiton Daros, pelas valiosas sugestões, incentivo e apoio.

À minha família, por tudo que sou.

À Maíra, companheira estimada, pelo amor, carinho e dedicação.

Aos colegas e amigos, que presentes ou não sempre me apoiaram e ajudaram.

A toda a equipe do setor de Agroenergia, Srs. Vilmar e Jorge Castro, obrigado pelo apoio, auxílio, cooperação, conhecimento transmitido, disponibilidade, acolhida e dos ótimos momentos. E aos pesquisadores Ebersson, Carlos Augusto (Guto), Dori, Ivan, Giovani, César e Pilon, pelo apoio, incentivo e colaboração.

Aos chefes, assistentes, técnicos, auxiliares e estagiários da Embrapa Clima Temperado, pelo apoio e disponibilidade na realização do trabalho. E ao pesquisador, Dr. Arione da Silva Pereira, pelas conversas, conhecimento transmitido e pela oportunidade na pesquisa orientada.

Ao Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar, pela oportunidade de realizar este estudo. E aos professores e colegas do programa, pelo apoio, ensinamento e saudável relacionamento.

Ao CNPq inicialmente, e a CAPES, pela bolsa de mestrado.

As Empresas e Instituições parceiras; Grandespe, Coopercana, Norobios, Cana Sul, Coopermil, Fepagro, Uri-Erechim, UFSM e Emater-RS, pela cooperação, disponibilidade e apoio imprescindíveis para a realização deste trabalho. Em especial, aos senhores Jair Baptistella, Ricardo Hammacher, Sérgio Schneider, Pedro Plínio e Rogério Pavanelo, Nilton Garbe e Caren Lamb, Alencar Rugeri pela grande colaboração.

Aos integrantes do Programa de Melhoramento Genético de Cana-de-açúcar da Universidade Federal do Paraná (PMGCA/UFPR/RIDESIA), pela cooperação.

Resumo

VERISSIMO, Mario Alvaro Aloisio. **Desempenho agronômico de genótipos de cana-de-açúcar no Estado do Rio Grande do Sul**. 2012. 78 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

O Brasil é líder mundial na produção de cana-de-açúcar. Esta é uma cultura de grande importância socioeconômica para o Estado do Rio Grande do Sul, onde a agricultura familiar detém a maior área cultivada com cana. Atualmente, é crescente a demanda por informações técnicas sobre o cultivo da cana no RS, visando à produção de etanol. A interação genótipo ambiente é um dos principais fatores a ser avaliado no desenvolvimento de um sistema de produção. Neste sentido, o objetivo deste trabalho foi avaliar o desempenho agronômico de genótipos de cana-de-açúcar em diferentes ambientes no Estado do Rio Grande do Sul. As características avaliadas foram; tonelada de colmo ha^{-1} (TCH), toneladas de Brix ha^{-1} (TBH), maturação, ocorrência de doenças e reação dos genótipos quanto à tolerância ao frio no período de colheita. Para análise da adaptabilidade e estabilidade foi utilizada a metodologia AMMI (*Additive Main Effects and Multiplicative Interaction*), com base nas variáveis TCH e TBH. Os resultados obtidos indicam que a interação genótipo ambiente é significativa, havendo genótipos de ampla adaptação e estáveis, assim como genótipos de comportamento específico a determinados ambientes. Doenças como ferrugem marrom, carvão, escaladura e estrias foram de incidência regionalizada. A mancha parda (*Cercospora longipes*) foi a que apresentou ampla ocorrência, com alta severidade para alguns genótipos em determinados ambientes. Quanto ao frio, os genótipos apresentaram grau de tolerância diferenciado. O conjunto de genótipos de ciclo precoce RB966928, RB925345, RB855156, RB975935, RB975944 e RB996961; e de ciclo médio-tardio RB987932, RB987935, RB935744 e RB008347 apresentam bom desempenho agronômico, que combinados adequadamente podem fazer parte de um sistema de produção de cana-de-açúcar para o Rio Grande do Sul.

Palavras-chave: *Saccharum* spp. Interação genótipo ambiente. Estabilidade e Adaptabilidade. Produtividade.

Abstract

VERISSIMO, Mario Alvaro Aloisio. **Agronomic performance of sugarcane genotypes in Rio Grande do Sul State**. 2011. 78 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

Brazil is the world leader in the production of sugarcane. This crop is of great importance to Brazil and to Rio Grande do Sul State, where the family farming has the largest area planted with sugarcane. There is increasing demand for technical information about the sugarcane cultivation in this State, with the aim at ethanol production. Genotype x environment interaction is one of the main factors to be evaluated in the development of the production systems. The objective of this research was to evaluate the agronomic performance of sugarcane genotypes in different environments of the Rio Grande do Sul State. The characters tons of stalks per hectare (TCH), tons of Brix per hectare (TBH), maturation, disease occurrence and cold tolerance of sugarcane genotypes were evaluated. Adaptability and stability was evaluated by methodology AMMI (Additive Main Effects and Multiplicative Interaction), based on the variables TBH and TCH. The results indicate that the genotype x environment interaction is significant, with genotypes broadly adapted and stable, as well as behavior specific genotypes to particular environments. Diseases such as brown rust, smut, leaf scald and red stripe incidence and striations were regionalized. The brown spot (*Cercospora longipes*) showed wide occurrence with high severity for some genotypes in certain environments. Regarding the cold tolerance, the genotypes showed different degrees of tolerance. The set of early maturity genotypes RB966928, RB925345, RB855156, RB975935, RB975944 and RB996961, and mid-late maturity RB987932, RB987935, RB935744 and RB008347 have good agronomic performance, which combined properly can be part of a system of sugarcane production to Rio Grande do Sul.

Keywords: *Saccharum* spp. Genotype x environment interaction. Stability and Adaptability. Yield.

Lista de Figuras

- Figura 1** - Produção de cana-de-açúcar por município do RS, média de 2004 a 2006.15
- Figura 2** - Rede de ensaios com cana-de-açúcar no Estado do Rio Grande do Sul. Evolução da pesquisa (A) e locais com experimentação (B).....23
- Figura 3** - Biplot AMMI1 e AMMI2 para tonelada de Brix ha⁻¹ (TBH) de 15 genótipos (G) de cana-de-açúcar, ciclo precoce, avaliados em 18 ambientes (A) no Estado do Rio Grande do Sul.....39
- Figura 4** - Biplot AMMI1 e AMMI2 para tonelada de colmo ha⁻¹ (TCH) de 15 genótipos (G) cana-de-açúcar, ciclo precoce, avaliados em 18 ambientes (A) no Estado do Rio Grande do Sul.40
- Figura 5** - Biplot AMMI1 e AMMI2 para tonelada de Brix ha⁻¹ (TBH) de 13 genótipos (G) de cana-de-açúcar, ciclo médio-tardio, avaliados em 18 ambientes (A) no Estado do Rio Grande do Sul.42
- Figura 6** - Biplot AMMI1 e AMMI2 para tonelada de colmo ha⁻¹ (TCH) de 13 genótipos (G) cana-de-açúcar, ciclo médio-tardio, avaliados em 18 ambientes (A) no Estado do Rio Grande do Sul.....43
- Figura 7** - Comportamento do teor de sacarose (POL) durante os meses de colheita da cana-de-açúcar, conforme grupo de maturação e o período útil de industrialização (PUI) das variedades. (Adaptado Vicco, 2008) ..47
- Figura 8** - Curva de maturação (°Brix em função dos meses de colheita) dos genótipos de cana-de-açúcar; RB925345 (A), RB925211 (B), RB966928 (C), RB975935 (D), RB975944 (E) e RB996961 (F), comparados com a testemunha precoce (RB855156), no local Salto do Jacuí (SJC), safra 2010/2011.52
- Figura 9** - Curva de maturação (°Brix em função dos meses de colheita) dos genótipos de cana-de-açúcar; RB867515 (A), RB925268 (B), RB935744 (C), RB008347 (D), RB987935 (E) e RB987932 (F), comparados com as testemunhas RB835089 como média e RB72454 como tardia, no local Salto do Jacuí (SJC), safra 2010/2011.....53

- Figura 10** - Curva de maturação (°Brix em função dos meses de colheita) dos genótipos de cana-de-açúcar; RB925345 (A), RB925211 (B), RB966928 (C), RB975935 (D), RB975944 (E) e RB996961 (F), comparados com a testemunha precoce (RB855156), no local São Borja (SBJ), safra 2010/2011.54
- Figura 11** - Curva de maturação (°Brix em função dos meses de colheita) dos genótipos de cana-de-açúcar; RB867515 (A), RB925268 (B), RB935744 (C), RB008347 (D), RB987935 (E) e RB987932 (F), comparados com a testemunha tardia (RB72454), no local São Borja (SBJ), safra 2010/2011.56
- Figura 12** - Curva de maturação (°Brix em função dos meses de colheita) dos genótipos de cana-de-açúcar; RB925345 (A), RB925211 (B), RB966928 (C), RB975935 (D), RB975944 (E) e RB996961 (F), comparados com a testemunha precoce (RB855156), no local Pelotas (PEL).57
- Figura 13** - Curva de maturação (°Brix em função dos meses de colheita) dos genótipos de cana-de-açúcar; RB867515 (A), RB925268 (B), RB935744 (C), RB008347 (D), RB987935 (E) e RB987932 (F), comparados com as testemunhas RB835089 como média e RB72454 como tardia, no local Pelotas (PEL), safra 2010/2011.58
- Figura 14** - Curva de maturação (°Brix em função dos meses de colheita) dos genótipos de cana-de-açúcar; RB925345 (A), RB925211 (B), RB966928 (C), RB975935 (D), RB975944 (E) e RB996961 (F), comparados com a testemunha precoce (RB855156), no local Santa Rosa (SRO), safra 2010/2011.60
- Figura 15** - Curva de maturação (°Brix em função dos meses de colheita) dos genótipos de cana-de-açúcar; RB867515 (A), RB925268 (B), RB935744 (C), RB008347 (D), RB987935 (E) e RB987932 (F), comparados com as testemunhas RB835089 como média e RB72454 como tardia, no local Santa Rosa (SRO), safra 2010/2011.....61
- Figura 16** - Folhas com sintomas de mancha parda (A) na variedade RB72454 e ferrugem marrom (B) no clone RB985523.63

Lista de Tabelas

Tabela 1 - Crescimento da produção brasileira de cana-de-açúcar, em 1000 toneladas, safras 2006/07 à 2010/11.	16
Tabela 2 - Número de estabelecimentos envolvidos com a produção de derivados de cana-de-açúcar no Brasil e no Rio Grande do Sul.	18
Tabela 3 - Grupo dos genótipos de ciclo precoce e médio-tardio avaliados em 18 ambientes no Estado do Rio Grande do Sul.	22
Tabela 4 - Localização, empresa parceira, safra e ciclo de cultivo e coordenadas geográficas dos 18 ambientes de testes com cana-de-açúcar no Estado do Rio Grande do Sul.....	23
Tabela 5 - Análise conjunta de variância das variáveis toneladas de colmo (TCH) e de Brix (TBH) de 15 genótipos de ciclo precoce e 13 de ciclo médio-tardio testados em 18 ambientes no Estado do Rio Grande do Sul, safras 2009/2010 e 2010/2011.	29
Tabela 6 - Análise de variância com desdobramento da interação original GxA pelo modelo AMMI, em nível de médias ⁽¹⁾ , para as variáveis produtividade de colmo e de brix (TCH e TBH).	30
Tabela 7 - Médias referentes às variáveis TBH e TCH de 15 genótipos (G) precoces, avaliados em 18 ambientes (A) no RS.....	41
Tabela 8 - Médias referentes às variáveis TBH e TCH de 13 genótipos médio-tardios, avaliados em 18 ambientes (A) no RS.	44
Tabela 9 - Principais fitopatógenos avaliados em ensaio de competição de genótipos de cana-de-açúcar no Estado do Rio Grande do Sul, e níveis de reação conforme escalas de incidência e severidade.	50
Tabela 10 - Avaliações realizadas em genótipos de cana-de-açúcar em condição de estresse por frio, nos ambientes de Salto do Jacuí e São Luiz Gonzaga, RS, ciclo de cana planta, safra 2010/2011.	50
Tabela 11 - Porcentagem de genótipos (clones e variedades) sintomáticos em relação às doenças da cana-de-açúcar, avaliadas por local na safra 2009/2010.	63

Tabela 12 - Avaliação de doenças em genótipos de cana-de-açúcar nas safras 2009/10 e 2010/11, em diferentes locais, e análise dos caracteres graus Brix e toneladas de colmo e Brix ha ⁻¹ (TCH e TBH, respectivamente)...	65
Tabela 13 - Comportamento de genótipos de cana-de-açúcar sob estresse por frio, em ciclo de cana planta, nos ambientes de São Luiz Gonzaga (SLG) e Salto do Jacuí (SJC), RS, safra 2010/2011.....	68

Sumário

1	Introdução Geral	12
2	Revisão de Literatura.....	14
2.1	A cultura da cana-de-açúcar	14
2.2	Interação genótipo x ambiente – adapatabilidade e estabilidade	19
2.3	Resistência a estresses bióticos e abióticos.....	20
3	Metodologia Geral	22
4	Capítulo 1 - Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de cana-de-açúcar no Estado do Rio Grande do Sul.....	25
4.1	Introdução.....	25
4.2	Material e Métodos	27
4.3	Resultados e Discussão	29
4.4	Conclusões	45
5	Capítulo 2 – Caracterização de genótipos de cana-de-açúcar quanto à maturação, reação às doenças e a tolerância ao frio.....	46
5.1	Introdução.....	46
5.2	Material e métodos	48
5.3	Resultados e Discussão	51
5.4	Conclusões	69
6	Discussão Geral	70
7	Conclusão Geral	70
8	Referências.....	71

1 Introdução Geral

O Brasil é líder mundial na produção de cana-de-açúcar. A safra 2010/2011 foi recorde para o setor, com mais de 8 milhões de hectares de área cultivada, e uma produção de 625 milhões de toneladas (IBGE, 2010; CONAB, 2011). O volume de etanol produzido foi de 27,7 bilhões de litros, sendo que a maior parte (71%) foi de etanol hidratado. A produção de açúcar foi de 38,7 milhões de toneladas, o que correspondeu a 46% do total da cana esmagada (CONAB, 2011).

Devido ao seu potencial produtivo e excelente adaptação ao clima do Brasil, a cana-de-açúcar destaca-se como uma cultura que vem exercendo grande importância econômica ao longo de nossa história. Nos últimos trinta anos, com o advento do Programa Proálcool, a cultura passou a ser estratégica, não só como geradora de divisas pela exportação de açúcar, mas como fonte de energia renovável. O álcool combustível e a co-geração de energia elétrica do bagaço da cana-de-açúcar são atualmente pilares fundamentais na matriz energética do país (UNICA, 2009).

A crescente preocupação com as mudanças climáticas e aumento da demanda por açúcar, combustíveis renováveis (etanol) e seus derivados, como o plástico verde, proporcionou aumento considerável na produção de cana-de-açúcar. O Ministério das Minas e Energia (MME) projeta uma demanda de 64 bilhões de litros de etanol e 45 milhões de toneladas de açúcar para 2019, com a necessidade de processamento de mais de 1 bilhão de toneladas, e a expansão de cultivo para mais de 12 milhões de ha (BRASIL, 2010).

Neste contexto, vários estados da federação estão aumentando a produção de cana, com incremento de área, melhorias na produção e instalação de novas usinas do setor sucroalcooleiro. O Rio Grande do Sul se insere nesse contexto ao direcionar investimentos, público e privado, em pesquisas para aprimoramento da produção agrícola por meio de melhoramento vegetal, eficiência agrônômica e zoneamentos edafoclimáticos. Assim, amplia-se a perspectiva do desenvolvimento canavieiro gaúcho no sentido de buscar potenciais no clima subtropical e desenvolvimento de genótipos adaptados e tolerantes às baixas temperaturas e geadas.

Visando contribuir com o desenvolvimento da cultura da cana-de-açúcar no Sul do Brasil, este trabalho tem como objetivo avaliar o desempenho agrônômico de

novos genótipos de cana para estas condições de cultivo. Na primeira parte é estudada a interação dos novos clones e variedades de cana-de-açúcar com diferentes ambientes do Estado do Rio Grande do Sul, por meio do estudo da estabilidade e adaptabilidade pela metodologia AMMI. Na segunda parte é estudado o comportamento dos genótipos frente à reação às doenças, ao estresse climático por frio e a maturação.

2 Revisão de Literatura

2.1 A cultura da cana-de-açúcar

A cana-de-açúcar é cultivada no Brasil desde o século XVI e expandiu-se no país, sendo utilizada na produção de açúcar para o consumo interno e exportação, gerando divisas para o país. Outro produto de grande importância para o Brasil é o etanol, o qual representa uma fonte renovável de combustível que contribui para reduzir; o uso dos derivados do petróleo e a emissão de gases do efeito estufa. Também serve como alimentação suplementar dos ruminantes no período de estiagem e ainda como matéria prima para a fabricação de rapadura, melado e aguardente. Seus resíduos possuem grande importância econômica: o vinhoto é transformado em adubo e o bagaço é utilizado principalmente na co-geração de energia (CAPUTO et al., 2008), e atualmente pode ser transformado também em etanol, denominado de etanol de segunda geração.

A cana-de-açúcar é uma planta alógama, semi-perene, pertence à família Poaceae (Gramineae), tribo Andropogoneae, gênero *Saccharum* L.. Neste gênero existem várias espécies, sendo seis mais importantes: *S. officinarum* L. ($2n = 80$), *S. robustum* Brandes e Jeswiet ex Grassl ($2n = 60-205$), *S. barberi* Jeswiet ($2n = 81-124$), *S. sinense* Roxb ($2n = 111-120$), *S. spontaneum* L. ($2n = 40-128$) e *S. edule* Hassk. ($2n = 60-80$) (MATSUOKA et al., 2005; SANTOS, 2007). Dentre essas, a espécie *Saccharum officinarum* L., que é conhecida como cana nobre, constitui majoritariamente a base genética dos programas de melhoramento genético (MATSUOKA et al., 2005). Os genótipos cultivados atualmente são híbridos clonais de sexta a décima geração, advindos de cruzamentos diversos, biparentais ou múltiplos (MATSUOKA et al., 2005). Convencionou-se chamar estes híbridos de 'cultivares ou variedades', dando-lhes nomes compostos de siglas da instituição que efetuou o cruzamento, do ano em que o mesmo foi realizado e um número sequencial das seleções, exemplo RB925345, "RB" República Brasil, ano do cruzamento 1992, família 5345.

Existem várias teorias que tentam explicar a origem da cana-de-açúcar, porém a mais aceita atualmente destaca a Nova Guiné e ilhas vizinhas como provável local de origem da cultura (FAUCONNIER & BASSEREAU apud SANTOS,

A demanda crescente pelos derivados de cana-de-açúcar no Brasil e no Mundo, principalmente açúcar e álcool, reflete no crescimento da produção de cana no Brasil, conforme tabela 1.

Tabela 1 - Crescimento da produção brasileira de cana-de-açúcar, em 1000 toneladas, safras 2006/07 à 2010/11.

Regiões	Safras				
	06/07	07/08	08/09	09/10	10/11
Norte/Nordeste	54.904	64.610	64.100	60.231	63.464
Centro-Sul	373.913	431.233	508.639	542.825	561.037
BRASIL	428.817	495.843	572.739	603.056	624.501

Fonte: DCAA/SPA/MAPA

No Estado do Rio Grande do Sul (RS) encontram-se as áreas mais ao sul do Brasil onde se cultiva cana-de-açúcar. Nesta região predomina o clima subtropical úmido, sem estação seca definida, com verões quentes (Cfa) (KUINCHTNER & BURROL, 2001). O crescimento inicial da cana-de-açúcar, para os ciclos de cana planta e soqueiras, ocorre no início da primavera, quando as temperaturas mínimas aumentam. A colheita costuma ser anual, com preferência para o período de abril a julho (final do outono e início do inverno), quando as temperaturas caem consideravelmente. Esta redução da temperatura proporciona alto acúmulo de sacarose nos colmos, em detrimento do crescimento.

O clima é apontado como limitante para expansão da cultura da cana-de-açúcar no Estado, devido o maior rendimento das espécies comerciais se expressar nas regiões tipicamente tropicais, ou pelo maior risco de ocorrência de geadas (ALMEIDA et al., 2008). No entanto, avaliações da pesquisa realizadas no passado (GOMES & KICHEL, 1996) e atualmente (SILVA et al., 2008; SILVA et al., 2010) apontam a viabilidade de diversas cultivares com adequados índices de qualidade para industrialização de álcool ou açúcar. Segundo Almeida et al. (2008), o fotoperíodo e a radiação solar no Rio Grande do Sul, durante o período de primavera/verão, são maiores comparados a outras regiões do Brasil de latitudes mais baixas, e inferior nos outros meses, compensando o balanço de radiação ao longo do ano. Nesse aspecto, a cana-de-açúcar parece aproveitar essa vantagem no período de máximo desenvolvimento vegetativo, quando plantada entre maio e junho. Este comportamento tem permitido altas taxas de crescimento e elevados índices de produtividade em ambientes do Estado do Rio Grande do Sul (SILVA et

al., 2008; VERISSIMO et al., 2009; SILVA et al., 2010).

A cana-de-açúcar ocupa cerca de 37.000 ha no Estado do RS (IBGE, 2010). Destes, 25.000 ha são para consumo na propriedade, ou comercialização informal como melado, cachaça, açúcar mascavo e rapadura, ou ainda adicionada à ração animal. Os restantes 12.000 ha são destinados a produção comercial de cachaça, açúcar mascavo, melado, rapadura e álcool (SILVA et al., 2008). O álcool ocupa uma área de cerca de 3.000 ha. Comparada com a produção nacional, a participação do RS no total nacional é pouco significativa, 0,46% da área e 0,20% da produção, utilizando somente 0,11% da superfície cultivada do Estado.

A história brasileira retrata o uso das grandes propriedades, nas regiões Nordeste e Sudeste, para implantação do modelo agrícola exportador de produtos do setor sucroalcooleiro. No caso do Rio Grande do Sul, a situação inverte-se uma vez que as áreas destinadas para a produção são as de menor dimensão em relação às maiores utilizadas para o pastoreio e outros cultivos (SOARES, 2008). Este contraste relaciona-se, principalmente, a fatores de ordem econômica, socio-cultural e agrícola. Segundo Soares (2008), a diferenciação climática combinada ao tipo de relevo mais abrupto e o destino da produção, bem como o diferencial no processo histórico de colonização são alguns fatores que vincularam o plantio da cana-de-açúcar a propriedade agrícola familiar gaúcha. Neste sentido, segundo Maluf et al. (2008), a agricultura familiar representa uma importante parcela da economia do Estado, e a cana-de-açúcar corresponde a uma importante fonte de matéria-prima e de renda para muitas famílias, principalmente na produção de produtos caseiros, aguardente e alimentação animal.

Kuiawinski (2008) abordou os limites e possibilidades de desenvolvimento da cadeia produtiva do álcool no Rio Grande do Sul, e verificou que o modelo de caráter cooperativo e adaptado à realidade da agricultura familiar são inovadores e pioneiro no Brasil.

O Estado conta com uma única usina produtora de etanol (Coopercana), instalada em 1985 no município de Porto Xavier, que produz em média apenas 2% do consumo anual do Estado, que correspondeu a 964 milhões de litros em 2009 (ANP, 2010). A Granja e Destilaria São Pedro (Grandespe) foi outro empreendimento de maior porte instalado em 1977, no município do Salto do Jacuí, noroeste do Estado. Segundo Grandespe (2011), no ano de 1983 a empresa inaugurou um moderno empreendimento destinado primeiramente à produção de

álcool combustível. Contudo, por entraves burocráticos e políticos, a região não foi considerada apta ao cultivo de cana-de-açúcar e produção de álcool, sendo excluída do programa Proálcool. Desta forma, a empresa optou pela produção de aguardente. Desde então, a industrialização sucroalcooleira no Estado não tem evoluído, o que existem são pequenas indústrias e voltadas para a produção de derivados.

Neste contexto, foi estabelecido o Zoneamento Agroecológico da cana para o RS, indicando uma área de 1,52 milhões de hectares disponível ao cultivo, concentrada principalmente nas regiões Oeste e Central (EMBRAPA, 2011). Tais condições têm atraído ao Estado investimentos no setor sucroenergético, como a construção de duas novas usinas, nos municípios de São Luiz Gonzaga (Norobios) e Rio Pardo (Via Vida) (SEAPPA, 2011).

Por outro lado, o Zoneamento da Cana-de-açúcar para o RS veio confirmar o que já era constatado na prática. As atividades relacionadas com a cultura estão baseadas na pequena propriedade rural, e emprega a maioria dos processos de produção relativos da cana-de-açúcar e seus derivados. Conforme censo IBGE (2006), o Rio Grande do Sul tem importante participação na produção de derivados de cana-de-açúcar (Tabela 2).

Tabela 2 - Número de estabelecimentos envolvidos com a produção de derivados de cana-de-açúcar no Brasil e no Rio Grande do Sul.

Derivados	Brasil	RS
Produção de Rapadura.	14.680	2.410
Produção de Aguardente	11.124	1.056
Produção de Melado	17.436	13.758

Fonte IBGE censo (2006)

Pelo número de estabelecimentos que produzem derivados de cana-de-açúcar no Brasil, (Rapadura e Melado), cerca de 40% dos estabelecimentos estão no Rio Grande do Sul. A comercialização de rapadura e melado é realizada por 2.907 agricultores (IBGE, 2006). O incremento da produção nos últimos anos tem influência na forte demanda, por parte dos mercados existente, além de novas oportunidades de mercados institucionais como: O Programa de Aquisição de Alimentos (PAA), Programa Nacional de Alimentação Escolar (PNAE) que tornaram

um atrativo para os produtores destes derivados, e assim tem percebido uma oportunidade de agregar renda a sua atividade, além da disponibilidade de acesso ao crédito através PRONAF agroindústria que disponibiliza crédito. Há também demanda por informações para instalação e legalização de agroindústrias de derivados de cana-de-açúcar no RS, as quais têm sido atendidas pela EMATER/RS (Comunicação Pessoal¹).

2.2 Interação genótipo x ambiente – adaptabilidade e estabilidade

A produtividade vegetal é o resultado da interação entre os fatores genéticos, os fatores ambientais e os tratos culturais, os quais constituem o sistema de produção das culturas (FLOSS, 2004). Desta forma, diferenças de rendimento entre safras e locais podem ser atribuídas à interação genótipo x ambiente x manejo da cultura.

Com relação à parte genética, o homem interfere através do desenvolvimento de variedades com melhores características agronômicas e mais adaptadas a uma determinada região. Em relação ao ambiente, procura-se minimizar os riscos através de práticas de manejo da cultura e do zoneamento agroclimático.

A agroindústria sucroalcooleira apresenta demanda significativa e constante por variedades que venham a manter, ou mesmo aumentar seus patamares de produtividade. As novas variedades surgem com o objetivo de substituírem aquelas que apresentaram redução da produtividade ou mostraram-se susceptíveis a determinado patógeno. Essa queda no desempenho do genótipo deve-se ao “declínio varietal”, decorrente, sobretudo, da disseminação de doenças durante a propagação vegetativa (SZMRECSÁNYI, 2002). Dessa forma, é realizada a diversificação no plantio de variedades, estabelecendo-se grupos de cultivares com características semelhantes quanto ao uso agroindustrial. Assim, para o produtor é importante que a nova variedade seja confiável o suficiente para substituir outra já conhecida.

A pesquisa regionalizada torna-se necessária ao passo que há a presença de interação genótipo x ambiente (GxA), e esta é decorrente do comportamento

¹ E-mail de Alencar Rugeri (Eng. Agrônomo, Núcleo de Desenvolvimento Agropecuário e Rastreabilidade da EMATER/RS), em dezembro de 2011.

diferenciado de materiais genéticos frente a condições ambientais distintas de avaliação/seleção (ALLARD, 1960; EBERHART & RUSSEL, 1966; CRUZ & CARNEIRO, 2003).

Comumente, alguns genótipos possuem adaptação ampla enquanto outros são restritos a determinadas condições ambientais de cultivo. O ideal seria as cultivares possuir adaptabilidade a vários ambientes e terem boa estabilidade, porém o fator interação faz com que, na maioria das vezes, as cultivares sejam indicadas a ambientes específicos, por possuírem maior adaptabilidade nessas condições ambientais. O termo adaptabilidade refere-se à capacidade dos genótipos responderem de forma positiva ao estímulo do ambiente, enquanto a estabilidade refere-se à capacidade dos genótipos desempenharem um comportamento previsível em função do estímulo do ambiente (CRUZ & REGAZZI, 2001).

Devido a presença da interação GxA, nos estágios mais avançados dos programas de melhoramento, a avaliação de genótipos é conduzida em ensaios regionais, ou como é denominado em outras culturas, ensaios de Valor de Cultivo e Uso (VCU). Os principais objetivos destes ensaios são; *i*) comparar o desempenho genotípico sob dois pontos de vistas; uma análise macro, com o desempenho geral do genótipo (através dos ambientes) e uma análise específica, com o desempenho do genótipo em um ambiente específico; e *ii*) selecionar locais de testes e mega-ambientes, identificar genótipos específicos a determinados ambientes e estabelecer objetivos para o melhoramento (YAN & KANG, 2003).

2.3 Resistência a estresses bióticos e abióticos

O principal método de controle de doença na cultura da cana-de-açúcar é o uso de variedades resistentes ou tolerantes (MATSUOKA et al., 2005). Neste sentido, os programas de melhoramento genético buscam cruzamentos entre genitores com resistência às principais doenças, assim como a seleção de genótipos superiores nas progênies destes cruzamentos.

A demanda por estudos envolvendo resistência varietal para enfrentar os estresses climáticos têm aumentado nos últimos anos para muitas culturas. Na cana-de-açúcar não é diferente, sendo a seca (no Nordeste e Centro-Sul) e o frio (no MS, PR, SP e RS) os principais estresses climáticos enfrentados pela cultura no

Brasil.

Cana-de-açúcar é uma espécie considerada sensível ao frio (TAI & LENTINI, 1998) e apesar de ocupar as áreas tropicais e subtropicais, onde a geada não é um fenômeno de costume, quando ela ocorre há quebras de safra acompanhado por redução da capacidade de acúmulo de sacarose nos colmos (D 'HONT et al., 2008).

As geadas são comuns em muitas regiões produtoras de cana, como a Louisiana (EUA), Índia, Austrália, Argentina e ocasionais na Flórida, México, Brasil e Irã. No Brasil não há levantamentos específicos para quantificar perdas devido a ocorrência de geadas em cana-de-açúcar, como ocorre na Argentina e nos EUA. Embora alguns levantamentos realizados por usinas e pesquisadores da área informam perdas consideráveis.

Segundo Porto (2011), no ano de 2011 muitos canaviais no Brasil sofreram com danos causados por geadas. As regiões mais atingidas foram o sudoeste e o oeste paulista, norte do Paraná e sul de Mato Grosso do Sul. Nas regiões mais atingidas pelas geadas de junho e julho de 2011 a produtividade da cana colhida poderá cair até 20%.

Testes para avaliar a tolerância de variedades e clones promissores ao frio/geada são comumente realizadas na Austrália (WEAICH et al. 1993), EUA (LEGENDRE et al., 2011; EDME & GLAZ, 2009; HALE et al., 2011) e na África do Sul (VAN HEERDEN et al., 2009). No Brasil, no entanto, são poucos os trabalhos relacionados a esse tipo de tolerância. Brinholi (1972) e Cesnik et al. (1978) realizaram avaliações nas variedades utilizadas na década de 70, porém atualmente essas variedades ficaram ultrapassadas.

3 Metodologia Geral

As avaliações de desempenho agronômico, quanto à estabilidade e adaptabilidade, maturação e reação aos estresses bióticos e abióticos foram realizadas em 15 genótipos de ciclo precoce e 13 genótipos de ciclo médio-tardio (Tabela 3), em 18 ambientes no Estado do Rio Grande do Sul durante as safras 2009/2010 e 2010/2011 (Tabela 4).

Estes experimentos fazem parte da Rede de Ensaios de Desempenho de Clones e Variedades de Cana-de-açúcar, coordenados pela Embrapa Clima Temperado. Os clones e variedades avaliados foram desenvolvidos pela RIDESA (Rede Interuniversitária para o Desenvolvimento do Setor Sucroenergético) e disponibilizados pelo Programa de Melhoramento Genético da Cana-de-açúcar (PMGCA) da UFPR. O fluxograma (Figura 2) mostra a evolução da pesquisa com cana-de-açúcar no Estado do Rio Grande do Sul, realizado pela parceria entre estas instituições, em cooperação com as empresas citadas na tabela 4.

Tabela 3 - Grupo dos genótipos de ciclo precoce e médio-tardio avaliados em 18 ambientes no Estado do Rio Grande do Sul.

ID	Genótipo	Ciclo	ID	Genótipo	Ciclo
G1	RB855156*	V-Prec	G1	RB008347	C-Med
G2	RB925211	V-Prec	G2	RB008369	C-Med
G3	RB925345	V-Prec	G3	RB72454*	V-Tard
G4	RB935581	C-Prec	G4	RB835089*	V-Med
G5	RB946903	V-Prec	G5	RB845197	V-Tard
G6	RB965902	V-Prec	G6	RB845210	V-Med
G7	RB965911	C-Prec	G7	RB867515	V-Med
G8	RB966923	C-Prec	G8	RB925268	V-Med
G9	RB966928	V-Prec	G9	RB935744	V-Tard
G10	RB975932	C-Prec	G10	RB947625	C-Med
G11	RB975935	C-Prec	G11	RB965518	C-Med
G12	RB975944	C-Prec	G12	RB987932	C-Med
G13	RB986419	C-Prec	G13	RB987935	C-Med
G14	RB986955	C-Prec			
G15	RB996961	C-Prec			

A denominação “V” indica variedade, “C” clone, “Prec” genótipos de ciclo precoce e “Med” genótipos de ciclo médio-tardio. * Variedades consideradas testemunhas.

O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Cfa, subtropical úmido, sem estação seca definida, com verões quentes (KUINCHTNER

& BURIOL, 2001). A temperatura é moderada com chuvas bem distribuídas e verão quente. No inverno há ocorrência de geadas, sendo a média de temperatura neste período inferior a 16°C. No mês mais quente as máximas são superiores a 30°C.

Tabela 4 - Localização, empresa parceira, safra e ciclo de cultivo e coordenadas geográficas dos 18 ambientes de testes com cana-de-açúcar no Estado do Rio Grande do Sul.

ID	Local	Empresa	Safra	Ciclo	Lat. (S)	Long. (O)	Alt. (m)
A1	Caxias do Sul	Fepagro	2010/11	planta	29° 7' 38"	51° 0' 35"	750
A2	Erechim	URI	2010/11	planta	27° 36' 40"	52° 13' 37"	780
A3	Pelotas	Embrapa	2009/10	soca 1	31° 41' 8"	52° 25' 56"	65
A4	Pelotas	Embrapa	2010/11	planta	31° 41' 6"	52° 26' 7"	70
A5	Pelotas	Embrapa	2010/11	soca 2	31° 41' 8"	52° 25' 56"	65
A6	Porto Xavier	Coopercana	2009/10	soca 1	27° 53' 20"	55° 10' 59"	125
A7	Porto Xavier	Coopercana	2010/11	planta	27° 53' 5"	55° 10' 58"	130
A8	Porto Xavier	Coopercana	2010/11	soca 2	27° 53' 20"	55° 10' 59"	125
A9	São Borja	Fepagro	2009/10	soca 1	28° 41' 47"	55° 57' 44"	100
A10	São Borja	Fepagro	2010/11	planta	28° 41' 44"	55° 57' 50"	100
A11	São Borja	Fepagro	2010/11	soca 2	28° 41' 47"	55° 57' 44"	100
A12	Salto do Jacuí	Grandespe	2009/10	soca 1	28° 59' 31"	53° 13' 52"	322
A13	Salto do Jacuí	Grandespe	2010/11	planta	28° 59' 13"	53° 14' 36"	320
A14	Salto do Jacuí	Grandespe	2010/11	soca 2	28° 59' 31"	53° 13' 52"	322
A15	São Luis Gonzaga	Norobios	2009/10	soca 1	28° 22' 10"	54° 54' 55"	200
A16	São Luis Gonzaga	Norobios	2010/11	planta	28° 22' 11"	54° 54' 60"	198
A17	São Luis Gonzaga	Norobios	2010/11	soca 2	28° 22' 10"	54° 54' 55"	200
A18	Santa Rosa	Coopermil	2010/11	planta	27° 50' 31"	54° 26' 50"	280

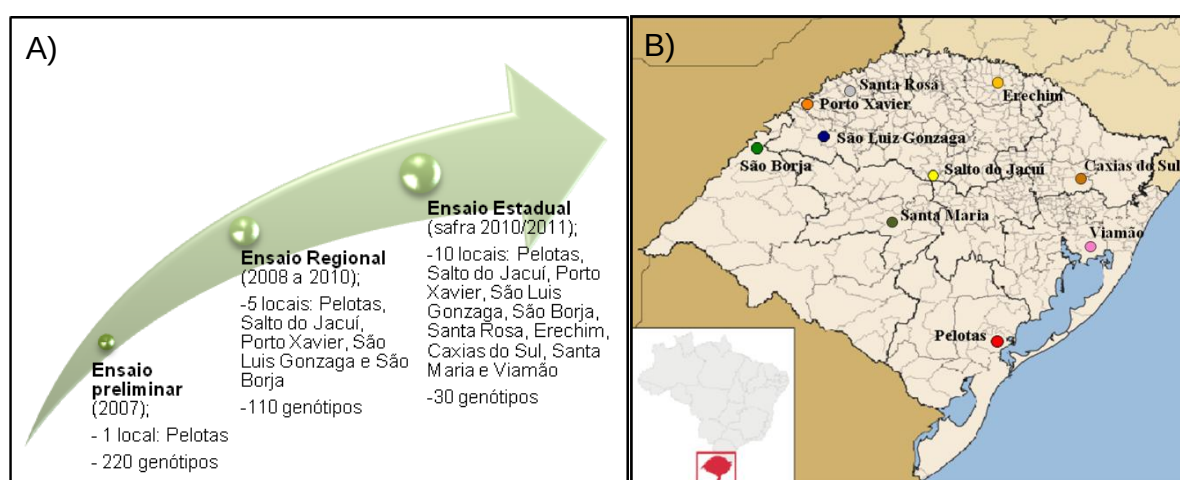


Figura 2 - Rede de ensaios com cana-de-açúcar no Estado do Rio Grande do Sul. Evolução da pesquisa (A) e locais com experimentação (B).

O delineamento experimental foi de blocos ao acaso, com três repetições. As parcelas foram constituídas de duas a seis linhas de oito metros de comprimento, com espaçamento entre linhas de 1,40 m e o plantio de toletes totalizando 18 gemas por metro. A implantação, condução e avaliação dos experimentos foram realizadas conforme Zambon & Daros (2005).

O plantio dos ensaios foi realizado entre os meses de agosto a outubro e a colheita com 11 a 13 meses. Havendo necessidade, a calagem e a adubação de correção foram procedidas em função da análise do solo, obtida por meio de uma amostragem de no mínimo 60 dias antes do plantio. No pré-plantio, o solo foi preparado com uma aração e duas gradagens e em seguida procedeu-se com a formação dos sulcos, com 30 a 40 cm de profundidade e 1,40 m entre sulcos.

A adubação de plantio foi 60 kg de N ha⁻¹, 120 kg de P₂O₅ ha⁻¹ e 120 kg de K₂O ha⁻¹, com aplicação sobre o sulco. As canas foram deixadas inteiras, e com palha, dentro do sulco, sempre da disposição “pé com ponta”. Em seguida os colmos foram cortados em toletes de três gemas cada. Os sulcos foram cobertos com aproximadamente 10 cm de solo. Entre os meses de dezembro e janeiro foi realizada a adubação de cobertura, com 100 kg de N ha⁻¹. Nos cultivos de cana-de-açúcar soca foi realizada uma adubação na entrelinha com N e K após a colheita dos experimentos, na dose de 100 kg de N ha⁻¹ e 120 kg de K₂O ha⁻¹. O controle das plantas daninhas foi realizado conforme a necessidade, utilizando cultivador mecânico e herbicidas recomendados para a cultura.

As características avaliadas para o estudo da interação GxA foram tonelada de colmo por hectare (TCH) e tonelada de Brix por hectare (TBH). O parâmetro utilizado na avaliação da maturação foi o teor de sólidos solúveis totais (SST) ou graus Brix (° Brix). A reação dos genótipos às principais doenças da cana-de-açúcar foi realizada sob condição de campo segundo o diagnóstico direto pelo quadro sintomatológico das doenças, e quando necessário estruturas da planta foram coletadas e encaminhadas para o Laboratório de Fitopatologia da Embrapa Clima Temperado para identificação do agente fitopatogênico. Para quantificação de doença, notas foram dadas para cada genótipo seguindo escala de incidência para as doenças carvão, escaldadura, estrias vermelhas e manchas foliares e escala de severidade para ferrugem e mancha parda. A caracterização quanto à tolerância ao frio foi realizada com base nos caracteres gema apical morta (GAM), brotação lateral e basal (BL e BB), nota geral (NG) e acamamento (AC).

4 Capítulo 1 - Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de cana-de-açúcar no Estado do Rio Grande do Sul

4.1 Introdução

A cana-de-açúcar é uma das principais culturas agroenergéticas do Brasil e do mundo. Destaca-se pela alta eficiência fotossintética em converter energia luminosa do sol em energia química, ou seja, produção de biomassa (açúcar, bagaço e palha). Esta cultura tem passado por mudanças no sistema de produção, assim como o aumento da área de cultivo para novas fronteiras agrícolas, como é o caso do Estado do Rio Grande do Sul.

O contraste da expressão da cana-de-açúcar no RS, frente a outras regiões do Brasil relaciona-se, principalmente, a fatores de ordem econômica, socio-cultural e agrícola. A diferenciação climática combinada ao tipo de relevo mais abrupto e o destino da produção, bem como o diferencial no processo histórico de colonização são alguns fatores que vincularam o plantio da cana-de-açúcar a propriedade agrícola familiar gaúcha (SOARES, 2008). A agricultura familiar representa uma importante parcela da economia do Rio Grande do Sul, e a cana-de-açúcar corresponde uma interessante fonte de matéria-prima e de renda para muitas famílias (MALUF et al., 2008).

A avaliação, identificação e recomendação de genótipos promissores de cana-de-açúcar adaptados às diferentes condições edafoclimáticas são de fundamental importância para o desenvolvimento da cultura. Uma das ferramentas para auxiliar essa etapa do melhoramento genético da cana-de-açúcar é o estudo da interação genótipo x ambiente (GxA). Em fases finais do processo de desenvolvimento de cultivares ou quando o objetivo é introduzir novos genótipos, faz-se imprescindível o estudo da estabilidade e adaptabilidade, fornecendo

subsídios para futura indicação. Segundo Duarte & Vencovsky (1999), o estudo da interação é essencial para a eficiência do processo podendo afetar positiva ou negativamente na sua finalização. Os genótipos que interagem positivamente com os ambientes podem fazer a diferença entre um bom e um ótimo cultivar.

Nestes tipos de estudo busca-se conhecer o comportamento dos genótipos quanto à adaptabilidade, que se refere à capacidade dos genótipos responderem de forma positiva ao estímulo do ambiente, e a estabilidade, que é a capacidade dos genótipos desempenharem um comportamento previsível em função do estímulo do ambiente (Cruz & Carneiro, 2003). Outros conceitos são dados para explicar a adaptabilidade e estabilidade, porém os mais aceitos são estes.

Há disponíveis diferentes metodologias para avaliar a adaptabilidade e a estabilidade dos genótipos, outras mais estão sendo desenvolvidas e, ou, aprimoradas (BASTOS et al., 2007). Tais procedimentos se baseiam em análise de variância, regressão linear, regressão não linear, análises multivariadas e estatísticas não paramétricas. Na cultura da cana-de-açúcar, as principais metodologias utilizadas são a não-paramétrica de Lin e Binns (1988) (ZENI-NETO et al., 2008), análise de regressão (RAIZER et al., 1999; ROSSE et al., 2002), modelos mistos (OLIVEIRA et al., 2005; BASTOS et al., 2007) e a análise AMMI (BAJPAI & KUMAR, 2005; GUERRA et al., 2009; SILVEIRA, 2011). Por outro lado, Lavorenti & Matsuoka (2001) comentam que não há unanimidade na conceituação dos termos estabilidade e adaptabilidade, e muito menos nos diversos métodos estatísticos propostos para suas determinações, ao agricultor é importante a conjugação da adaptabilidade com a estabilidade, isto é, que a cultivar seja confiável o suficiente para substituir outra já conhecida.

Dentre as metodologias existentes para avaliar a interação GxA, a análise por meio dos efeitos principais aditivos e interação multiplicativa (*"Additive Main Effects and Multiplicative Interaction"* – AMMI) vêm sendo aplicada com sucesso em diversas culturas (PEREIRA et al., 1998; OLIVEIRA et al., 2003; GUERRA et al., 2009). Esta análise combina um método univariado para os efeitos aditivos de genótipos e ambientes com um método multivariado para o efeito multiplicativo da interação GxA (ZOBEL et al., 1988). Por conseguinte, pode contribuir tanto para a identificação de genótipos amplamente adaptados com alto rendimento, como para o zoneamento agrônomo e recomendação de cultivares regionais e a escolha de locais de teste (GAUCH & ZOBEL, 1996). Dentre as vantagens, as principais

relatadas são; análise mais detalhada da interação GxA (ZOBEL et al., 1988), eliminação do ruído da interação GxA (BASTOS et al., 2007), interpretação gráfica dos resultados usando o procedimento biplot (representação gráfica simultânea dos genótipos e ambientes) (MELO et al., 2007) e seleção de genótipos amplamente adaptados ou adaptados regionalmente e seleção de locais de teste (GAUCH & ZOBEL, 1996).

Neste sentido, os objetivos deste trabalho foram; *i)* avaliar a estabilidade e adaptabilidade de genótipos de cana-de-açúcar de ciclo de maturação precoce e médio-tardio, para as produtividades de colmo (TCH) e de Brix (TBH), no Estado do Rio Grande do Sul, por meio da análise AMMI, e *ii)* identificar ambientes mais estáveis e indicados para testes preliminares de seleção de genótipos de cana-de-açúcar no Rio Grande do Sul.

4.2 Material e Métodos

A avaliação da estabilidade e adaptabilidade dos 15 genótipos de ciclo precoce e 13 genótipos de ciclo médio-tardio (Tabela 3) foi realizada em 18 ambientes no Estado do Rio Grande do Sul (Tabela 4). As variáveis utilizadas para a análise AMMI foram tonelada de colmo por hectare (TCH) e tonelada de Brix por hectare (TBH). O cálculo da TCH foi realizado por meio da fórmula $TCH = (P10C(kg)/10) \times NCM \times (10/E)$ onde; P10C= peso de 10 colmos; NCM= número de colmos por metro; E= espaçamento (1,4m), conforme Zambom e Daros (2005); Oliveira (2005). Procedeu-se as leituras de Brix (porcentagem de peso/peso dos sólidos solúveis contidos em uma solução) em três diferentes colmos, com a amostragem realizada em dois pontos por colmo, terceiro entrenó abaixo do ponto de quebra e terceiro acima do solo, utilizando-se refratômetro manual. O valor médio do Brix foi utilizado para o cálculo do TBH, por meio do produto do valor entre TCH e Brix dividido por 100.

As análises estatísticas foram realizadas em separado para TCH e TBH, tanto para os genótipos de ciclo precoce quanto para os de ciclo médio-tardio. Primeiramente procedeu-se com a análise de variância (ANAVA) de cada ambiente (análises individuais), para avaliação estatística da variabilidade genética entre os tratamentos (genótipos) e da precisão experimental. Uma vez detectada diferenciação entre os tratamentos, realizou-se análise conjunta de variância

(RAMALHO et al., 2000), a qual foi implementada mesmo não tendo havido homogeneidade entre as variâncias residuais (QM_R 's). Assim, procedeu-se ao ajuste dos graus de liberdade do erro médio e da interação GxA, segundo o método de Cochran (1954). Após os ajustes, procedeu-se com as interpretações relativas às significâncias do teste F.

Realizada a análise conjunta da variância e detectada significância para a fonte de variação interação GxA, procedeu-se à análise de adaptabilidade e estabilidade fenotípica por meio do modelo de efeitos aditivos principais e interação multiplicativa (AMMI) (ZOBEL et al., 1988), conforme o seguinte modelo descrito por Duarte e Vencovsky (1999):

$$Y_{ij} = \mu + g_i + a_j + \sum_{k=1}^n \lambda_k Y_{ik} \alpha_{jk} + \rho_{ij} + \bar{e}_{ij},$$

em que: Y_{ij} é a resposta média do genótipo i ($i = 1, 2, \dots, G$ genótipos) no ambiente j ($j = 1, 2, \dots, A$ ambientes); μ é a média geral dos ensaios; g_i é o efeito fixo do genótipo i ($i = 1, 2, \dots, g$); a_j é o efeito aleatório do ambiente j ($j=1, 2, \dots, a$). A interação GxA é moderada pelos fatores: λ_k que é o valor singular do k -ésimo componente principal da interação (IPCA), ($k = 1, 2, \dots, p$, em que p é o número máximo de componentes principais estimáveis); y_{jk} é o valor singular do j -ésimo ambiente no k -ésimo IPCA; α_{ik} é o valor singular do i -ésimo genótipo no k -ésimo IPCA; k são as raízes características não nulas, $k = [1, 2, \dots, \min (g-1, e-1)]$. O item ρ_{ij} é o resíduo da interação $G \times A$ ou resíduo AMMI (ruído presente nos dados); $\bar{e}_{ij}$ é o erro experimental médio, assumido independentemente.

A análise AMMI pode gerar uma família de modelos (AMMI0, AMMI1, AMMI2, ... , AMMI n), ou seja, combinação das médias e/ou eixos principais que captam porções da variação da matriz GA, conforme descrito anteriormente. Os procedimentos, métodos e critério de escolha do modelo AMMI a ser adotado estão descritos em Duarte & Vencovsky (1999), incluindo-se uma rotina computacional em linguagem SAS/IML para realização das análises. As coordenadas de genótipos e de ambientes nos eixos principais de interação (IPCA) são representadas em um gráfico denominado biplot (GABRIEL, 1971), que permite descrever a estabilidade e a adaptabilidade dos genótipos aos ambientes de teste. Os dados foram analisados com o auxílio do programa SAS 9.2, assim como a análise AMMI e os gráficos biplot (SAS, 2009).

Complementar aos genótipos e ambientes avaliados pela análise AMMI foi

inserido um referencial teórico, denominado genótipo e ambiente suplementar, ou ideal (Gi e Ai), baseado na proposição de Lin & Binns (1988), conforme descrito em Pacheco et al. (2005). Segundo essa abordagem, a superioridade agronômica de um genótipo deve ser avaliada relativamente às máximas produtividades observadas em cada ambiente. Assim, um genótipo teoricamente ideal seria aquele que reunisse, ao longo dos ambientes de teste, essas produtividades máximas.

4.3 Resultados e Discussão

A análise de variância mostrou que todos os efeitos estudados (genótipo, ambiente e interação genótipo ambiente (GxA)) foram significativos (Tabela 5) para as duas variáveis analisadas e para ambos os grupos de maturação, precoce (P) e médio-tardio (MT). Esse resultado indica que os genótipos apresentaram comportamento diferenciado frente às mudanças ambientais. Portanto, o estudo mais detalhado dessa interação se faz necessário, de modo que ela possa ser controlada ou interpretada, e não interfira negativamente na recomendação dos melhores genótipos.

Tabela 5 - Análise conjunta de variância das variáveis toneladas de colmo (TCH) e de Brix (TBH) de 15 genótipos de ciclo precoce e 13 de ciclo médio-tardio testados em 18 ambientes no Estado do Rio Grande do Sul, safras 2009/2010 e 2010/2011.

FV	QM (precoce)			QM (médio-tardio)		
	GL	TCH	TBH	GL	TCH	TBH
Blocos/ambiente	30	-	-	30	-	-
Genótipos (G)	14	1566,7*	76,9*	12	3272,3*	70,9*
Ambiente (A)	17	37069,8*	1348,2*	17	38736,7*	1305,4*
G x A	238 ⁽¹⁾	860,7*	34,7*	203 ⁽¹⁾	858,3*	33,1*
Resíduo	415 ⁽¹⁾	398,7	17,6	334 ⁽¹⁾	384,2	14,9
Média	-	95,8	17,9	-	99,5	17,7
CV(%)	-	20,8	23,4	-	19,7	21,7

⁽¹⁾ Valores ajustados pelo método Cochran (1954), em razão da heterogeneidade de QM's residuais.

*Significativo a 5% pelo teste F.

Na sequência, a soma dos quadrados da interação (SQ_{GxA}) foi decomposta em doze eixos de componentes principais (CP's); no entanto, somente os cinco primeiros eixos revelaram diferenças significativas ($P < 0,01$), para ambos os grupos de maturação, e as duas variáveis, TBH e TCH. Os modelos AMM1 (IPCA1

x TBH ou TCH) e AMMI2 (IPCA1 x IPCA2) foram preferidos para a interpretação e visualização bidimensional (Tabela 6). Estes dois modelos explicaram a maior proporção da variação útil (padrão ou efeito de genótipos e ambientes), os demais eixos levam consigo grande parcela da variação considerada ruído, de respostas imprevisíveis e não interpretáveis. Ademais, segundo Piepho (1995), *i)* deve-se considerar que quanto mais IPCA's são envolvidos na explicação da interação G x A, maior é a contribuição do ruído; e *ii)* mesmo que os IPCA's sejam significativos, a escolha daqueles utilizados para explicar a interação G x A é uma decisão relativamente arbitrária e que depende dos critérios de cada pesquisador. Do mesmo modo, Oliveira et al. (2003) considera que não se deve proceder da maneira convencional, isto é, buscando-se uma explicação máxima da soma de quadrados. Estes mesmos autores consideram que à medida que aumenta o número de eixos selecionados, reduz o poder de predição da análise AMMI.

Tabela 6 - Análise de variância com desdobramento da interação original GxA pelo modelo AMMI, em nível de médias⁽¹⁾, para as variáveis produtividade de colmo e de brix (TCH e TBH).

Genótipos de ciclo precoce								
Fonte de variação	TCH				TBH			
	GL ⁽²⁾	QM	F	Pr > F	GL(2)	QM	F	Pr > F
Interação GxA	238	363,19	2,16	0,001	238	14,64	1,97	0,001
IPCA1 (padrão)	30	606,67	4,43	0,000	30	33,06	4,30	0,000
Resíduo AMMI1 (ruído)	208	285,02	2,08	0,000	208	13,76	1,79	0,000
IPCA2	28	470,82	3,44	0,000	28	23,41	3,05	0,000
Resíduo AMMI2	180	256,12	1,87	0,000	180	12,26	1,60	0,000
Erro médio/r	415	168,20	-	-	415	7,43	-	-
Genótipos de ciclo médio-tardio								
Fonte de variação	TCH				TBH			
	GL ⁽²⁾	QM	F	Pr > F	GL(2)	QM	F	Pr > F
Interação GxA	203	362,15	2,23	0,001	203	13,97	2,22	0,001
IPCA1 (padrão)	28	620,72	4,85	0,000	28	24,39	3,88	0,000
Resíduo AMMI1 (ruído)	176	302,30	2,36	0,000	176	12,18	1,94	0,000
IPCA2	26	588,01	4,59	0,000	26	20,46	3,25	0,000
Resíduo AMMI2	150	252,78	1,97	0,000	150	10,75	1,71	0,000
Erro médio/r	334	162,11	-	-	334	6,29	-	-

⁽¹⁾O número de repetições foi 2,37 (média harmônica, em razão do desbalanceamento). ⁽²⁾Valores ajustados pelo método Cochran (1954), em razão da heterogeneidade de QM's residuais.

As variâncias acumuladas nos dois primeiros IPCA's explicaram 43,1 e

46,3% da interação GxA, para o grupo médio-tardio e 42,7 e 40,5% para o grupo precoce, para as variáveis TBH e TCH, respectivamente, embora usando menos de 30% dos graus de liberdade originais. Estes valores estão ligeiramente abaixo dos encontrados para cana-de-açúcar (BAJPAI & KUMAR, 2005; GUERRA et al., 2009; SILVEIRA, 2011), e semelhantes aos observados em outras culturas por Crossa et al. (1991), 27,1%; Pereira & Costa (1998), 44,6%; Oliveira et al. (2003), 36%. Portanto, assim como foi ressaltado por estes autores, infere-se que os 57% restantes da SQ_{GxA} provavelmente contenham pouca informação relevante, isto é, grande porção de “ruídos”. Estes mesmos autores sugerem que houve contaminação da matriz de interações originais por fatores imprevisíveis, depreciando a qualidade de suas estimativas. Assim, pode-se inferir que, nestas condições, métodos tradicionais podem estar fornecendo previsões de rendimentos de qualidade inferior às do modelo AMMI.

Para a análise da estabilidade e adaptabilidade dos genótipos de cana-de-açúcar optou-se por utilizar todos os 18 ambientes avaliados. Porém, alguns ambientes contribuíram fortemente para a interação GxA (Caxias do Sul, Erechim, São Borja e A17 de São Luis Gonzaga). Tais ambientes apresentaram condições desfavoráveis, como falha na brotação devido à seca e, ou má condução da soqueira (São Borja e A17 de São Luis Gonzaga), e pelo efeito do frio (Caxias do Sul e Erechim), que afetaram negativamente as produtividades de TCH e TBH. Estes ambientes podem ter influenciado na baixa contribuição dos dois primeiros eixos para a explicação da interação GxA. Mesmo assim, optou-se pela continuidade destes ambientes para realização e interpretação das análises.

Análise dos ambientes

A análise AMMI proporcionou a visualização de ambientes similares e mais estáveis, principalmente por meio dos biplots AMMI2. Ambientes similares são aqueles que estão próximos nos biplots, ou seja, escores IPCAs semelhantes. Ambientes estáveis são aqueles onde o ordenamento dos genótipos apresenta maior consistência e confiabilidade em relação à média dos ambientes. Nestes ambientes, genótipos com adaptabilidade geral tendem a se destacar e podem ser selecionados com maior segurança. Além disso, podem servir de referência para recomendações em outras áreas, e ainda podem ser considerados adequados para o desenvolvimento de fases preliminares de seleção de cana-de-açúcar (DUARTE

& VENCOVSKY, 1999; GUERRA et al., 2009; GUERRA, 2010). Portanto, são ambientes mais representativos das condições edafoclimáticas médias para o cultivo da cana-de-açúcar no Estado do Rio Grande do Sul.

Neste sentido, o número de locais de testes pode ser reduzido ou um ambiente pode substituir outro, caso haja necessidade. Porém, é importante dar continuidade aos experimentos conduzidos em ambientes mais estáveis. Desta forma, a melhoria do processo de avaliação de genótipos de cana-de-açúcar pode ser alcançada, bem como a otimização dos recursos financeiros.

Nos locais com alta interação GxA (alta instabilidade), genótipos com adaptabilidade específica ganham destaque, portanto estes ambientes devem ser evitados em fases preliminares de programas de melhoramento (DUARTE & VENCOVSKY, 1999; GUERRA et al., 2009; SILVEIRA, 2011).

Análise dos ambientes para o grupo de genótipos precoce

Os ambientes que menos contribuíram para a interação GxA foram Porto Xavier (A6, A7 e A8), Pelotas (A3, A4 e A5) e Salto do Jacuí (A12, A13 e A14), conforme se observa pelo posicionamento mais próximo à origem do eixo IPCA1 e IPCA2 (Figura 3, AMMI2). Portanto, esses ambientes revelaram ser mais estáveis e particularmente úteis na avaliação de genótipos, para o caractere TBH.

Por outro lado, a indicação de genótipos de cana-de-açúcar para São Luiz Gonzaga, São Borja e Erechim será mais bem sucedida caso seja específica para cada um desses ambientes. Uma vez que apresentaram escores IPCAs maiores, os quais fizeram com que estes ambientes se distanciassem da origem. São Luiz Gonzaga e São Borja apresentaram o maior distanciamento (interação) entre as safras, o que dificulta ainda mais a indicação de genótipos.

Na tabela 7, podemos verificar que em São Luis Gonzaga, os genótipos com adaptação específica foram RB925345 (G3), RB946903 (G5), RB965902 (G6), RB966928 (G9) e RB975935 (G11). O genótipo RB975944 (G12) apresentou alta adaptação somente para o ciclo de cana planta (1º lugar para TBH).

Para o local São Borja, adaptabilidade específica foi verificada pelos genótipos RB925345 (G3), RB965911 (G7), RB975944 (G12), RB986419 (G13), e RB986955 (G14). A variedade RB966928 (G9) adaptou-se bem somente no ambiente A11 (ciclo de segunda soca). E para Erechim, os melhores genótipos foram G3, G7, G11, G14 e G15.

No caractere TBH (Figura 3, AMMI2), os ambientes Erechim (A2) e São Luis Gonzaga (A16), em ciclo de cana planta, foram mais similares. O ambiente Pelotas (A4) e Porto Xavier (A7) ficaram bem próximos de São Borja (A10). Assim, estes ambientes podem se substituir numa eventual situação de necessidade.

Análise dos ambientes para o grupo de genótipos médio-tardio

Os ambientes de Porto Xavier (A7 e A8), Salto do Jacuí (A13 e A14) e São Luis Gonzaga (A16 e A17) apresentaram maior estabilidade ambiental, em relação aos demais ambientes, para ambas as variáveis (Figura 5, AMMI2). Por outro lado, menor estabilidade foi alcançada na avaliação de primeira soca, safra 2009/10, para estes três locais (Porto Xavier-A6, Salto do Jacuí-A12 e São Luis Gonzaga-A15).

Vale ressaltar que Porto Xavier, Salto do Jacuí e São Luis Gonzaga representam as principais regiões produtoras de cana-de-açúcar do Estado do Rio Grande do Sul. A continuidade na avaliação de genótipos – em especial os de ciclo de maturação médio-tardia – nestes ambientes é fundamental para o melhoramento da cultura, pois deve produzir ordenamento mais consistente e confiável para fins de indicação de variedades. Este resultados concordam com Oliveira et al. (2003), em relação a possibilidade de seleção de locais de teste pela análise AMMI.

Para ambas as variáveis, o local Pelotas apresentou comportamento distinto em relação aos demais ambientes (Figuras 5 e 6, AMMI2). Neste local os três ambientes ficaram bastante próximos (soca1- A3; planta- A4 e soca2- A5). O que indica que a interação entre as safras foi menor em Pelotas. Diferentemente do ocorrido para o local São Borja, o qual apresentou maior distanciamento entre as safras. Desta forma, os genótipos que apresentaram adaptação específica ao local Pelotas foram RB925268 (G8), RB935744 (G9), RB965518 (G11) e RB987932 (G12). O clone RB008347 (G1) mostrou alta adaptação no cultivo de cana planta em Pelotas, com a maior média de TBH (29,3).

Em se tratando de similaridade de ambientes, no ciclo de cana planta os locais São Luis Gonzaga (SLG), Porto Xavier e Salto do Jacuí representaram bem o ambiente A10 (cana planta em São Borja), principalmente São Luiz Gonzaga, possivelmente pela menor distância geográfica. Os ambientes de Santa Rosa (A18) e Erechim (A2) apresentaram alta similaridade na avaliação dos genótipos médio-

tardios, ao contrário do ocorrido para os genótipos precoces.

Salto do Jacuí foi o ambiente com maior estabilidade ambiental, assim a classificação dos genótipos neste local apresenta menor discordância em relação à classificação média em todos os locais. Deste modo, os testes de seleção preliminar em Salto do Jacuí produzirão ordenamento mais consistente e confiável para fins de indicação de variedades.

Análise da estabilidade e adaptabilidade para os genótipos de ciclo precoce

As Figuras 3 e 4 mostram as representações biplots, para a variável TBH e TCH dos genótipos de ciclo precoce, resultante da análise pelos modelos AMMI1 e AMMI2. No modelo AMMI1 a abscissa representa os efeitos principais (médias de genótipos e de ambientes) e a ordenada, o primeiro eixo de interação (IPCA1). Assim, genótipos com valores de IPCA1 próximos a zero demonstram estabilidade aos ambientes de teste; combinações de genótipos e ambientes com escores IPCA de mesmo sinal têm interações específicas positivas; combinações de sinais opostos apresentam interações específicas negativas. No modelo AMMI2, os genótipos posicionados próximo à origem dos eixos contribuíram pouco para a interação total em relação àqueles mais afastados da origem, podendo, então, serem considerados mais estáveis (CHAVES, 2001).

A análise do biplot AMMI1 para TBH (Figura 3) mostra que os clones de ciclo precoce que se posicionaram mais próximos à origem em relação ao eixo IPCA1 foram RB935581 (G4), RB975932 (G10), RB975944 (G12) e RB986419 (G13), indicando alta estabilidade fenotípica para este caractere. Entretanto, apenas G4 e G12 obtiveram médias de TBH (~18,6 TBH) semelhantes entre si e superiores a média geral, alcançando a sexta e a quinta posição geral (Tabela 7), respectivamente. A alta estabilidade foi confirmada pelo biplot AMMI2 (Figura 3) somente para o clone G4, indicada pela proximidade com a origem dos eixos IPCA1 e IPCA2. Este clone merece destaque pela alta produtividade de biomassa (média de 103,4 TCH), alcançando a terceira posição geral. Entretanto, carece em riqueza (menor °Brix ou sacarose) no início da safra, fato observado pela sexta posição em TBH (Tabela 7). A alta estabilidade deste clone pode estar ligada a boa tolerância ao frio verificada principalmente nos cultivos de soqueira em Salto do Jacuí e Porto Xavier (dados apresentados no capítulo seguinte).

Por sua vez, as variedades RB966928 (G9) e RB925345 (G3) diferiram em

interação (escores de IPCA1), mas não em média de produção (TBH), enquanto que os clones RB986955 (G14) e RB996961 (G15) assemelharam-se em interação (baixa estabilidade) e diferiram em produção. Os genótipos que mais contribuíram para a interação GxA foram; G15, G14, G9, G1, G11 e G3. Os destaques são para G9 e G3, que devido suas riquezas em açúcar, alcançaram alto TBH com boa estabilidade. A variedade RB966928 (G9) pode ser identificada como estável, pois foi o genótipo que chegou mais próximo do genótipo ideal (G_i) proposto por Lin e Binns (1988) e descrito por Pacheco et al. (2005). Resultados semelhantes foram observados por Guerra et al. (2009) no Estado do Paraná, o qual verificou médias elevadas de tonelada de pol hectare⁻¹ (TPH), alta estabilidade fenotípica e adaptabilidade geral para RB966928. Outro comportamento interessante de G9 foram os valores dos escores IPCA1 e 2 semelhante em número, mas de sinal oposto ao da variedade RB855156 (G1), seu genitor materno (DAROS et al., 2010). A variedade G9 mostrou-se superior à G1 em média 6,4 e 4,6%, para TBH e TCH, respectivamente, embora G1 tenha superado G9 em seis ambientes (A2, A3, A9, A10, A13 e A15) do total de 18 (Tabela 7). Por sinal, neste último ambiente (cultivo de soca 1 em São Luis Gonzaga, A15), a variedade RB855156 apresentou a maior média TBH e TCH, o que indica que esta variedade, considerada como testemunha, ainda mantém elevadas produtividades para alguns ambientes do Estado do Rio Grande do Sul.

O clone RB996961 (G15) apresentou a maior média geral, tanto para produtividade de colmo (TCH), quanto para Brix (TBH), porém baixa estabilidade para TBH. A instabilidade deste clone é confirmada pelo biplot AMMI2 (Figura 3) e deve-se a sua interação positiva (adaptabilidade específica) com os ambientes Caxias do Sul (A1), Pelotas (A3 e A4), Porto Xavier (A6 e A7), São Borja (A10 e A11), Salto do Jacuí (A12 e A14) e Santa Rosa (A18), e interação negativa com os demais ambientes (Erechim e São Luis Gonzaga).

Por outro lado, para TCH, a análise do biplot AMMI1 (Figura 4) mostrou que o clone G15 possui excelente comportamento, como elevada estabilidade ($IPCA1 \sim 0$) e alta produtividade (posição 1), e foi o genótipo que mais se aproximou do ideal (G_i). No entanto, a estabilidade deste clone não foi confirmada pelo biplot AMMI2, o qual se distanciou da origem pelo IPCA2. Este comportamento foi ocasionado pela interação negativa com os ambientes A2, A13 e A16, cultivos de cana planta nos locais Erechim, Salto do Jacuí e São Luis

Gonzaga, respectivamente. Segundo Duarte & Vencovsky (1999), essa discordância é comum nos casos em que resta uma razoável variabilidade no sentido dos eixos desconsiderados na representação, confirmando, portanto, que o segundo eixo contém informação relevante para a interação GA, uma vez que o problema não teria surgido se a variabilidade nessa dimensão fosse pequena. Observações semelhantes foram relatadas em cana-de-açúcar, por Guerra (2010) e Silveira (2011).

Em se tratando de tonelada de colmo ha^{-1} (TCH) o comportamento dos genótipos se alterou ligeiramente (Figura 4). O clone RB965911 (G7), por exemplo, alcançou a segunda posição, devido à sua maior produtividade em TCH, porém menor riqueza (8º em TBH), e adaptabilidade específica aos ambientes de Pelotas, Salto do Jacuí (A12), São Luis Gonzaga e Santa Rosa. Por meio dos resultados contidos na tabela 7 confirma-se tal adaptação, principalmente para o cultivo de primeira soca em Pelotas (A3) e Salto do Jacuí (A12), com mais de 170 TCH. Guerra et al. (2009) observou comportamento semelhante para este clone, com adaptação específica no cultivo de soqueira para alguns locais do Paraná.

Para TCH, a variedade RB925345 (G3) foi a que chegou mais próxima do referencial teórico (G_i), proposto por Lin e Binns (1988), conforme se verifica no modelo AMMI2 (Figura 4). Comportamento este, anteriormente ocupado pela variedade RB966928 (G9), para TBH. Esta mudança de padrão entre as duas variedades deve-se a aptidão de cada genótipo. A variedade G3 apresentou elevado potencial para produção de cana e média a alta riqueza, por sua vez G9 apresentou comportamento inverso. Este padrão pode ser confirmado observando a classificação destes genótipos na tabela 7.

A variedade RB925345 mostrou-se com alta produtividade (3º melhor TBH e 4º TCH), alta estabilidade e adaptabilidade ampla, porém possui o inconveniente de suscetibilidade ao carvão (*Sporisorium scitamineum* Syd. sinônimo *Ustilago scitaminea* Syd.). Este patógeno foi observado somente em Porto Xavier, onde a mais de 20 anos cultiva-se comercialmente cana-de-açúcar. Provavelmente, nesta região (Missões), a pressão de inóculo foi maior que nos demais ambientes, o que proporcionou o aparecimento de carvão. Neste sentido, atenção especial deve ser dada à reação dos genótipos às principais doenças. A discussão pertinente será dada em capítulo separado.

Genótipos de ciclo médio-tardio

No grupo de maturação médio-tardio, a análise gráfica do biplot AMMI1, para a variável TBH (Figura 5), permitiu identificar o clone RB008347 (G1) como de alta estabilidade e produtividade. Os clones G4 e G6 mostraram-se estáveis, embora tenham produtividade abaixo da média geral. Os genótipos que mais contribuíram para a interação GxA (menos estáveis) foram RB72454 (G3), RB935744 (G9), RB965518 (G11) e RB987932 (G12). Os demais genótipos apresentaram moderada estabilidade, com destaque para RB925268 (G8) e RB987935 (G13), que obtiveram alta produtividade média.

Entretanto, quando se analisa o biplot AMMI2 (Figura 5), o clone G1 não mantém a alta estabilidade, pois obteve um alto escore IPCA2. Possivelmente, os ambientes Caxias do Sul (A1) e São Borja (A11) tiveram influência na obtenção deste escore elevado, pois G1 alcançou elevadas produtividades nestes locais (Tabela 8). Outro ponto importante foi a interação negativa deste genótipo com os ambientes Erechim (A2), Porto Xavier (A6 e A8), Salto do Jacuí (A13 e A14) e São Luiz Gonzaga (A16).

Numa análise mais minuciosa no biplot AMMI2 (Figura 5), a exceção dos genótipos G4, G6, G7, G8 e G13, todos os demais apresentaram baixa estabilidade em TBH. O destaque entre os mais estáveis vai para RB987935 (G13), que obteve a terceira maior TBH (Tabela 8). O mesmo resultado foi observado por Silveira (2011), o qual concluiu que este clone apresentou a melhor adaptabilidade e estabilidade fenotípica para cultivo no Estado de Minas Gerais.

A variedade RB935744 (G9) apresentou alta produtividade em TBH (2ª), proporcionada basicamente pela elevada TCH (1ª) (Tabela 8), visto que esta variedade não alcança alto acúmulo de sacarose. A estabilidade produtiva nesse genótipo não foi observada (Figura 5 e 6) devida sua interação negativa com alguns ambientes. Sobretudo ao local São Borja (A9-11), onde obteve baixíssimas produtividades. Do mesmo modo, nos cultivos de soqueira em Porto Xavier (A6 e A8) e em cana planta em Salto do Jacuí (A13). Nos demais ambientes G9 obteve altas produtividades, principalmente em TCH (Tabela 8).

O comportamento inverso pode ser observado pelo clone RB987932 (G12). Esse genótipo obteve a terceira maior TCH e a maior média em TBH (Tabela 8), proporcionada pelo alto acúmulo e sacarose. Além disso, o clone G12 obteve maior estabilidade produtiva que G9, para TBH e com destaque para a variável TCH, o

qual obteve alta estabilidade (Figuras 5 e 6, AMMI1). Por outro lado, quando se analisa o biplot AMMI2, para ambas as variáveis, o clone G12 se distancia da origem (baixa estabilidade). Este comportamento deve-se, principalmente, a interação negativa com os ambientes Caxias do Sul (A1) e São Borja (A10 e A11) e a altíssima interação positiva do genótipo G12 com o ambiente A12 (cultivo em primeira soca no local Salto o Jacuí).

A variedade RB925268 (G8) apresentou média estabilidade e produtividade acima da média geral, sendo superada em TBH somente pelos genótipos G1, G9, G12 e G13 (Figura 5). Por meio do biplot AMMI2, G8 só não foi mais estável que RB987935 (G13). Para TCH (Figura 6), a variedade G8 foi a que mais se aproximou do genótipo suplementar (Gi) proposto por Lin e Binns (1988) e descrito por Pacheco et al. (2005). A adaptabilidade específica de G8 foi mais observada nos ambientes de Pelotas, Caxias do Sul e soqueiras em Porto Xavier.

A variedade testemunha RB867515 (G7) foi visivelmente mais estável que a testemunha RB72454 (G3), para ambas variáveis (Figura 5 e 6), apesar de que G3 foi mais produtiva que G7. Ambas as testemunhas apresentaram alta adaptabilidade aos locais Porto Xavier e São Borja. Além destes locais, a variedade RB72454 também foi adaptável aos ambientes A3, A14, A15 e A16.

Os genótipos G4, G6, G7 e G13 apresentaram-se relativamente próximos do genótipo suplementar (Gi) para o caractere TBH (Figura 5, AMMI2). Contudo, G13 destaca-se consideravelmente em produtividade média.

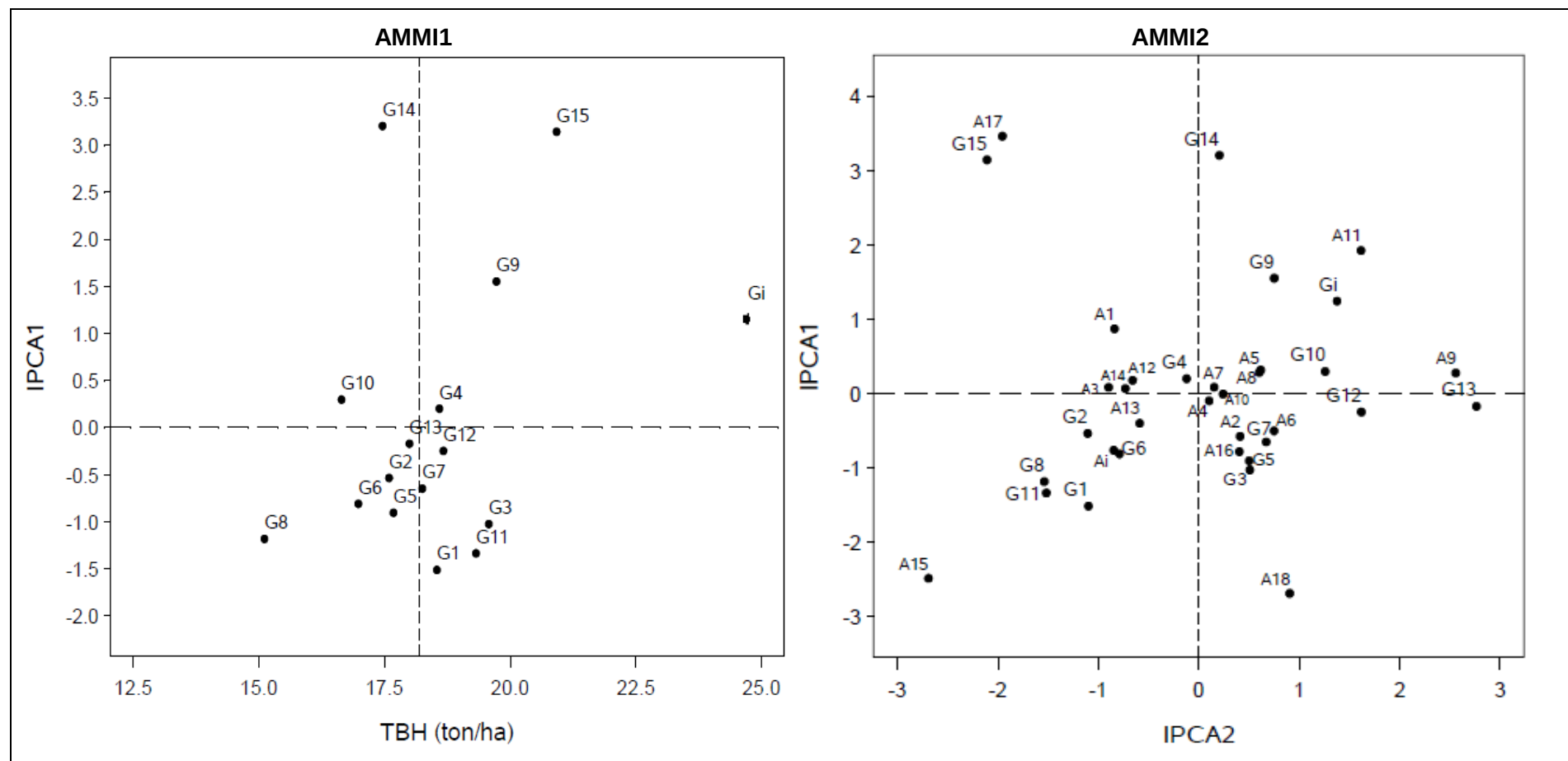


Figura 3 - Biplot AMMI1 e AMMI2 para tonelada de Brix ha^{-1} (TBH) de 15 genótipos (G) de cana-de-açúcar, ciclo precoce, avaliados em 18 ambientes (A) no Estado do Rio Grande do Sul.

Genótipos: RB855156* (G1), RB925211 (G2), RB925345 (G3), RB935581 (G4), RB946903 (G5), RB965902 (G6), RB965911 (G7), RB966923 (G8), RB966928 (G9), RB975932 (G10), RB975935 (G11), RB975944 (G12), RB986419 (G13), RB986955 (G14), RB996961 (G15) e Genótipo ideal (Gi). Ambientes: Caxias do Sul, Planta, Safra 10/11 (A1); Erechim, Planta, Safra 10/11 (A2); Pelotas, Soca1, Safra 2009/10 (A3); Pelotas, Planta, Safra 2010/11 (A4); Pelotas, Soca2, Safra 2010/11 (A5); Porto Xavier, Soca1, Safra 2009/10 (A6); Porto Xavier, Planta, Safra 2010/11 (A7); Porto Xavier, Soca2, Safra 2010/11 (A8); São Borja, Soca1, Safra 2009/10 (A9); São Borja, Planta, Safra 2010/11 (A10); São Borja, Soca2, Safra 2010/11 (A11); Salto do Jacuí, Soca1, Safra 2009/10 (A12); Salto do Jacuí, Planta, Safra 2010/11 (A13); Salto do Jacuí, Soca2, Safra 2010/11 (A14); São Luis Gonzaga, Soca1, Safra 2009/10 (A15); São Luis Gonzaga, Planta, Safra 2010/11 (A16); São Luis Gonzaga, Soca2, Safra 2010/11 (A17); Santa Rosa, Planta, Safra 2010/11 (A18) e Ambiente ideal (Ai).

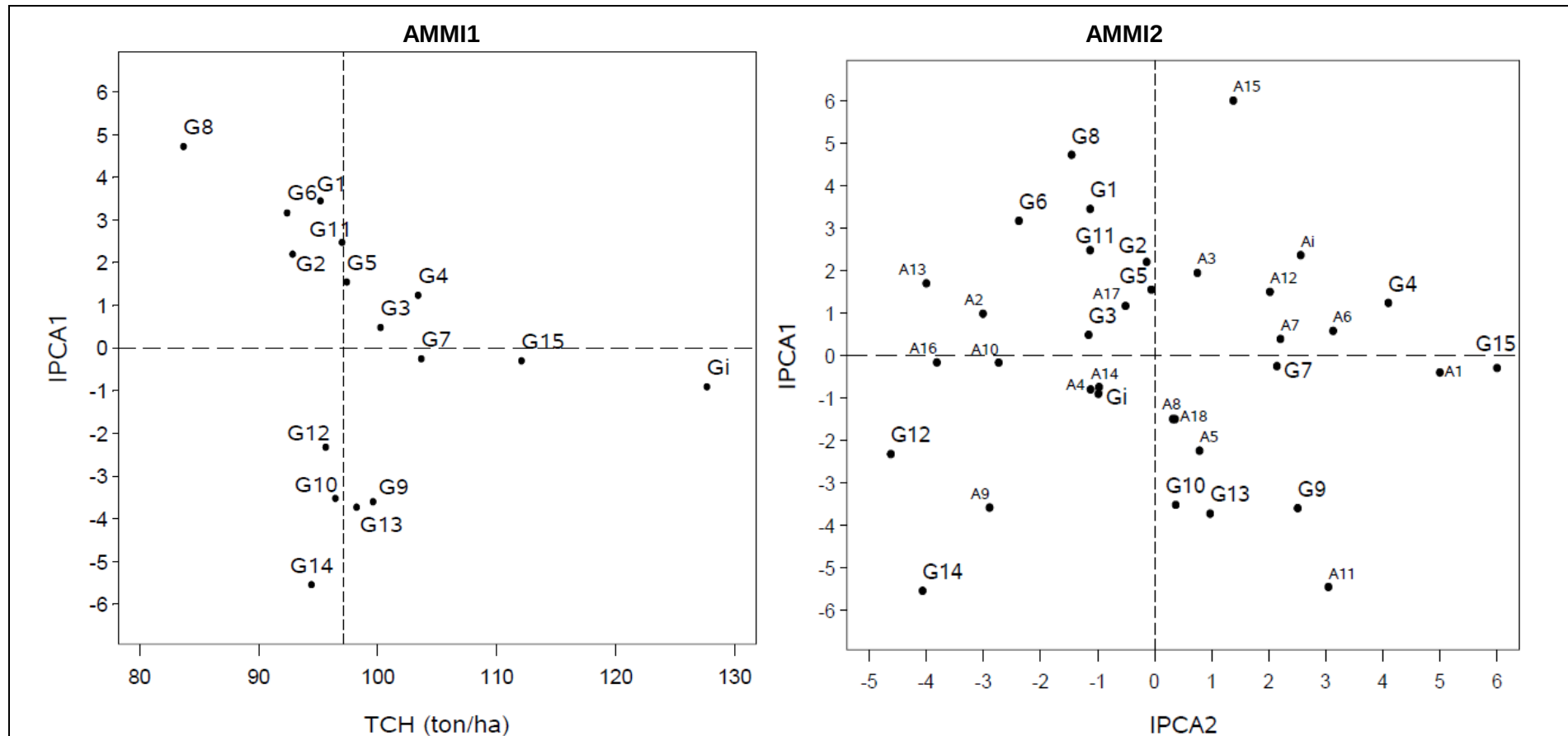


Figura 4 - Biplot AMMI1 e AMMI2 para tonelada de colmo ha^{-1} (TCH) de 15 genótipos (G) cana-de-açúcar, ciclo precoce, avaliados em 18 ambientes (A) no Estado do Rio Grande do Sul.

Genótipos: RB855156* (G1), RB925211 (G2), RB925345 (G3), RB935581 (G4), RB946903 (G5), RB965902 (G6), RB965911 (G7), RB966923 (G8), RB966928 (G9), RB975932 (G10), RB975935 (G11), RB975944 (G12), RB986419 (G13), RB986955 (G14), RB996961 (G15) e Genótipo ideal (Gi). Ambientes: Caxias do Sul, Planta, Safra 10/11 (A1); Erechim, Planta, Safra 10/11 (A2); Pelotas, Soca1, Safra 2009/10 (A3); Pelotas, Planta, Safra 2010/11 (A4); Pelotas, Soca2, Safra 2010/11 (A5); Porto Xavier, Soca1, Safra 2009/10 (A6); Porto Xavier, Planta, Safra 2010/11 (A7); Porto Xavier, Soca2, Safra 2010/11 (A8); São Borja, Soca1, Safra 2009/10 (A9); São Borja, Planta, Safra 2010/11 (A10); São Borja, Soca2, Safra 2010/11 (A11); Salto do Jacuí, Soca1, Safra 2009/10 (A12); Salto do Jacuí, Planta, Safra 2010/11 (A13); Salto do Jacuí, Soca2, Safra 2010/11 (A14); São Luis Gonzaga, Soca1, Safra 2009/10 (A15); São Luis Gonzaga, Planta, Safra 2010/11 (A16); São Luis Gonzaga, Soca2, Safra 2010/11 (A17); Santa Rosa, Planta, Safra 2010/11 (A18) e Ambiente ideal (Ai).

Tabela 7 - Médias referentes às variáveis TBH e TCH de 15 genótipos (G) precoces, avaliados em 18 ambientes (A) no RS.

ID	C	Genótipo	TBH (t ha ⁻¹)																		Média
			A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14	A15	A16	A17	A18	
G1	7	RB855156	15.9	15.9	25.5	20.7	14.5	15.5	16.5	15.2	17.8	8.2	10.7	34.1	22.7	24.0	31.4	19.6	7.2	18.4	18.5
G2	11	RB925211	16.7	8.2	23.1	22.6	20.3	20.3	17.4	10.6	12.6	6.5	11.2	24.0	21.3	24.0	26.5	18.8	13.1	19.6	17.6
G3	3	RB925345	9.4	14.3	24.0	18.2	18.0	26.2	16.7	13.0	22.8	6.9	17.1	36.3	24.1	25.4	27.6	19.6	10.7	22.1	19.6
G4	6	RB935581	11.0	10.0	26.1	16.4	22.4	27.9	19.0	21.4	15.1	5.6	15.9	35.9	13.9	29.8	24.9	15.5	10.3	13.6	18.6
G5	10	RB946903	7.1	12.3	24.7	17.9	19.5	23.3	20.2	14.2	17.8	3.8	14.7	27.9	19.2	20.6	25.7	20.0	9.7	19.6	17.7
G6	13	RB965902	10.6	10.2	28.3	24.7	11.5	20.2	14.7	11.6	14.5	7.0	8.4	31.6	19.9	19.2	23.5	21.6	10.8	17.4	17.0
G7	8	RB965911	11.1	8.0	29.7	20.3	20.6	20.3	15.3	13.6	17.5	4.9	19.1	34.8	15.5	20.5	23.3	19.4	9.3	25.3	18.3
G8	15	RB966923	7.0	12.2	32.3	19.9	10.3	16.6	11.9	10.6	7.8	3.2	8.6	21.3	20.3	22.7	24.5	16.4	8.8	17.6	15.1
G9	2	RB966928	18.6	12.9	25.3	23.0	20.5	18.2	17.6	18.8	15.3	4.7	26.3	35.5	21.0	25.7	16.7	21.6	14.9	18.5	19.7
G10	14	RB975932	11.0	9.9	26.1	24.0	18.7	17.9	14.4	14.5	15.6	7.8	18.4	22.8	19.0	27.0	15.5	14.3	6.1	16.5	16.6
G11	4	RB975935	7.4	12.0	26.5	24.5	18.1	21.9	14.9	16.5	9.6	9.5	14.6	33.2	17.8	37.1	31.0	22.0	10.6	20.4	19.3
G12	5	RB975944	5.9	16.2	27.9	21.1	22.4	17.8	14.4	13.1	24.5	11.1	15.5	33.2	22.2	25.7	18.5	22.9	7.6	15.9	18.7
G13	9	RB986419	11.1	12.7	24.5	23.8	12.7	29.4	19.2	17.2	23.3	7.9	21.3	23.2	12.0	22.4	18.1	18.9	6.5	19.7	18.0
G14	12	RB986955	8.9	11.5	25.3	22.0	17.2	14.6	13.3	15.4	20.1	8.9	16.8	27.9	21.6	26.2	11.3	19.5	8.5	25.5	17.5
G15	1	RB996961	19.5	11.0	33.4	21.7	18.6	25.1	21.4	15.0	16.4	8.5	24.5	36.5	18.1	26.9	27.3	15.3	8.5	28.9	20.9
Média			11.4	11.8	26.8	21.4	17.7	21.0	16.5	14.7	16.7	7.0	16.2	30.5	19.2	25.1	23.1	19.0	9.5	19.9	18.2
ID	C	Genótipo	TCH (t ha ⁻¹)																		Média
			A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14	A15	A16	A17	A18	
G1	11	RB855156	91.1	101.7	136.3	115.3	78.3	70.2	86.2	76.0	81.0	44.7	54.9	159.4	122.9	117.8	150.9	92.5	36.6	97.7	95.2
G2	13	RB925211	102.5	77.0	111.0	136.8	99.7	92.6	86.2	51.5	57.0	35.0	53.2	124.8	127.9	119.2	132.4	96.5	66.2	102.0	92.8
G3	4	RB925345	61.4	98.3	116.7	113.5	90.9	120.7	78.7	63.5	108.4	40.3	85.3	170.6	124.3	121.3	134.5	94.9	61.4	119.7	100.2
G4	3	RB935581	88.3	81.4	148.2	107.0	124.9	133.8	106.1	106.9	69.2	30.1	79.8	176.4	94.9	145.7	136.4	88.9	60.8	82.4	103.4
G5	7	RB946903	54.2	81.0	132.3	113.3	107.6	116.3	107.0	75.9	85.3	24.1	72.1	147.9	114.8	106.6	139.6	107.4	60.0	107.9	97.4
G6	14	RB965902	70.4	77.5	147.2	151.6	71.1	97.4	74.1	59.6	67.0	34.3	39.0	155.9	120.7	100.4	121.8	121.5	61.9	91.4	92.4
G7	2	RB965911	88.8	74.2	172.7	133.4	115.0	100.3	81.1	70.6	89.9	29.5	94.8	177.9	97.1	106.1	128.9	111.8	59.5	134.5	103.7
G8	15	RB966923	50.9	71.9	172.3	119.0	54.1	80.0	79.3	55.0	38.5	15.7	42.5	115.1	120.2	129.0	134.4	87.5	48.1	92.7	83.7
G9	5	RB966928	109.1	77.1	131.8	127.5	110.0	86.7	89.6	94.1	69.8	22.1	116.9	165.2	105.8	128.7	86.4	109.1	72.0	91.2	99.6
G10	9	RB975932	86.1	73.3	147.2	156.3	108.0	90.4	87.5	71.4	76.0	38.1	100.5	130.6	118.3	139.1	83.4	80.1	46.6	103.2	96.4
G11	8	RB975935	49.9	95.5	141.3	131.2	100.2	97.6	78.1	77.7	42.9	45.5	64.6	152.6	92.4	167.4	140.4	108.0	54.0	106.9	97.0
G12	10	RB975944	47.4	92.9	138.7	117.6	123.1	84.0	73.1	54.5	114.0	52.1	78.4	149.3	118.5	131.0	96.1	120.9	40.5	89.1	95.6
G13	6	RB986419	79.4	91.8	124.4	136.8	74.9	137.9	107.3	81.0	104.1	35.7	106.7	116.8	83.4	127.7	97.3	108.5	41.0	113.3	98.2
G14	12	RB986955	58.3	77.9	132.4	134.9	101.7	68.5	72.1	94.6	94.3	43.1	81.0	128.8	117.7	143.3	57.9	110.0	45.6	137.8	94.4
G15	1	RB996961	128.5	70.2	172.1	146.0	113.5	125.7	113.5	67.5	78.8	42.5	109.6	176.2	105.6	140.7	139.3	84.9	47.7	155.2	112.1
Média			77.8	82.8	141.6	129.3	98.2	100.1	88.0	73.3	78.4	35.5	78.6	149.8	111.0	128.3	118.6	101.5	53.5	108.3	97.5

C- refere-se à classificação dos genótipos baseada na média geral. Ambientes: Caxias do Sul (A1); Erechim (A2); Pelotas, Soca1 (A3); Pelotas, Planta (A4); Pelotas, Soca2 (A5); Porto Xavier, Soca1 (A6); Porto Xavier, Planta (A7); Porto Xavier, Soca2 (A8); São Borja, Soca1 (A9); São Borja, Planta (A10); São Borja, Soca2 (A11); Salto do Jacuí, Soca1 (A12); Salto do Jacuí, Planta (A13); Salto do Jacuí, Soca2 (A14); São Luis Gonzaga, Soca1 (A15); São Luis Gonzaga, Planta (A16); São Luis Gonzaga, Soca2 (A17); Santa Rosa (A18).

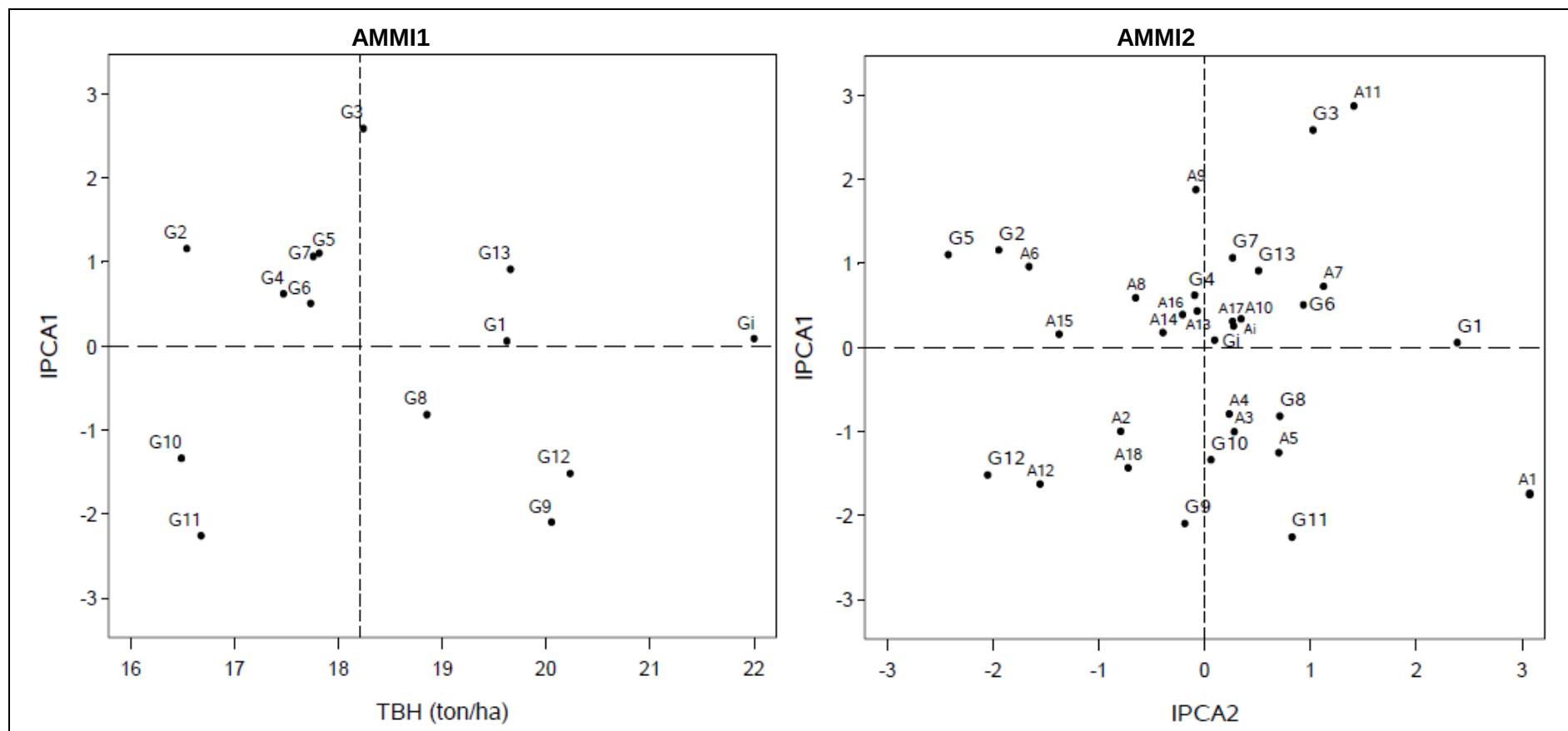


Figura 5 - Biplot AMMI1 e AMMI2 para tonelada de Brix ha^{-1} (TBH) de 13 genótipos (G) de cana-de-açúcar, ciclo médio-tardio, avaliados em 18 ambientes (A) no Estado do Rio Grande do Sul.

Genótipos: RB008347 (G1), RB008369 (G2), RB72454* (G3), RB835089* (G4), RB845197 (G5), RB845210 (G6), RB867515 (G7), RB925268 (G8), RB935744 (G9), RB947625 (G10), RB965518 (G11), RB987932 (G12), RB987935 (G13) e Genótipo ideal (Gi). Ambientes: Caxias do Sul, Planta, Safra 10/11 (A1); Erechim, Planta, Safra 10/11 (A2); Pelotas, Soca1, Safra 2009/10 (A3); Pelotas, Planta, Safra 2010/11 (A4); Pelotas, Soca2, Safra 2010/11 (A5); Porto Xavier, Soca1, Safra 2009/10 (A6); Porto Xavier, Planta, Safra 2010/11 (A7); Porto Xavier, Soca2, Safra 2010/11 (A8); São Borja, Soca1, Safra 2009/10 (A9); São Borja, Planta, Safra 2010/11 (A10); São Borja, Soca2, Safra 2010/11 (A11); Salto do Jacuí, Soca1, Safra 2009/10 (A12); Salto do Jacuí, Planta, Safra 2010/11 (A13); Salto do Jacuí, Soca2, Safra 2010/11 (A14); São Luis Gonzaga, Soca1, Safra 2009/10 (A15); São Luis Gonzaga, Planta, Safra 2010/11 (A16); São Luis Gonzaga, Soca2, Safra 2010/11 (A17); Santa Rosa, Planta, Safra 2010/11 (A18) e Ambiente ideal (Ai).

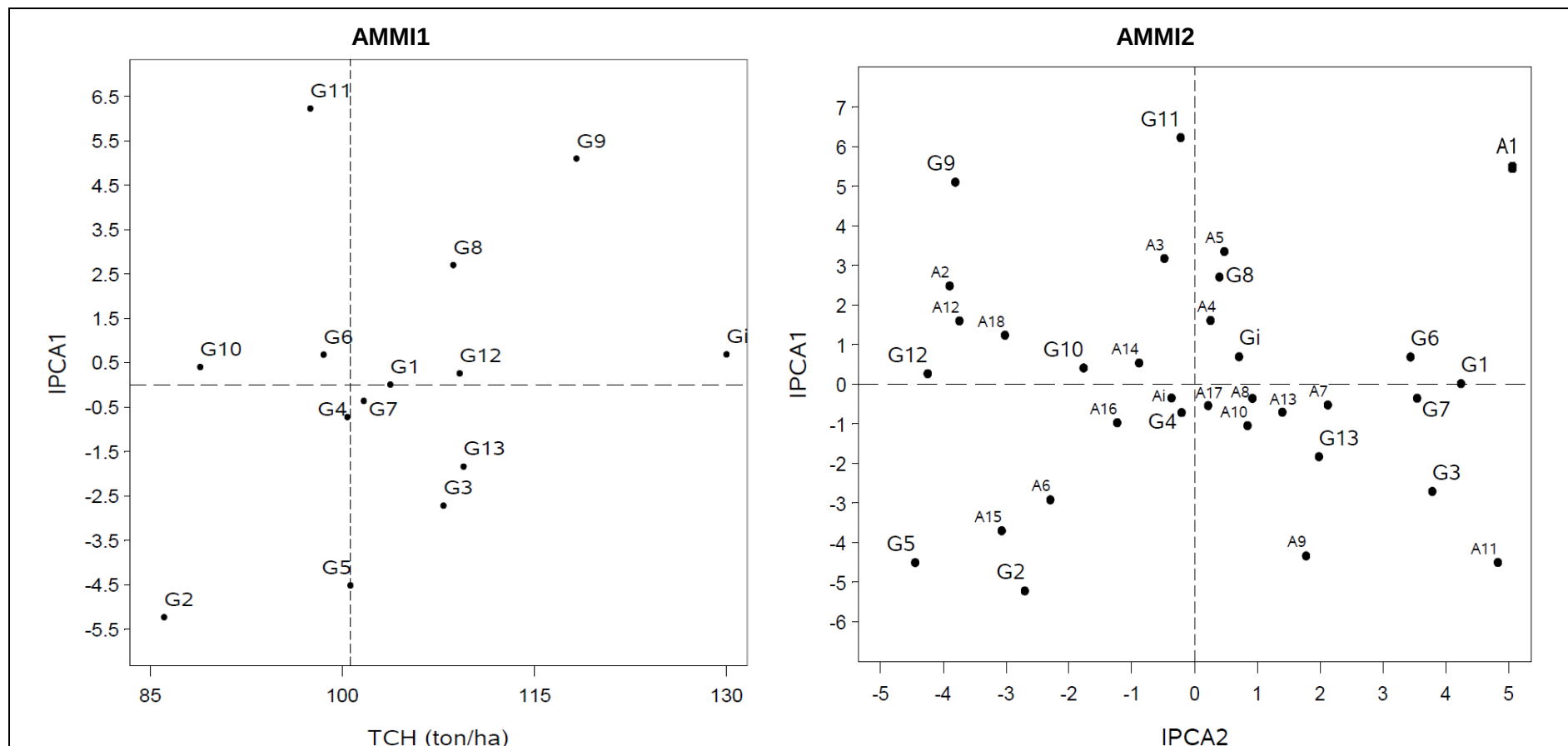


Figura 6 - Biplot AMMI1 e AMMI2 para tonelada de colmo ha^{-1} (TCH) de 13 genótipos (G) cana-de-açúcar, ciclo médio-tardio, avaliados em 18 ambientes (A) no Estado do Rio Grande do Sul.

Genótipos: RB008347 (G1), RB008369 (G2), RB72454* (G3), RB835089* (G4), RB845197 (G5), RB845210 (G6), RB867515 (G7), RB925268 (G8), RB935744 (G9), RB947625 (G10), RB965518 (G11), RB987932 (G12), RB987935 (G13) e Genótipo ideal (Gi). Ambientes: Caxias do Sul, Planta, Safra 10/11 (A1); Erechim, Planta, Safra 10/11 (A2); Pelotas, Soca1, Safra 2009/10 (A3); Pelotas, Planta, Safra 2010/11 (A4); Pelotas, Soca2, Safra 2010/11 (A5); Porto Xavier, Soca1, Safra 2009/10 (A6); Porto Xavier, Planta, Safra 2010/11 (A7); Porto Xavier, Soca2, Safra 2010/11 (A8); São Borja, Soca1, Safra 2009/10 (A9); São Borja, Planta, Safra 2010/11 (A10); São Borja, Soca2, Safra 2010/11 (A11); Salto do Jacuí, Soca1, Safra 2009/10 (A12); Salto do Jacuí, Planta, Safra 2010/11 (A13); Salto do Jacuí, Soca2, Safra 2010/11 (A14); São Luis Gonzaga, Soca1, Safra 2009/10 (A15); São Luis Gonzaga, Planta, Safra 2010/11 (A16); São Luis Gonzaga, Soca2, Safra 2010/11 (A17); Santa Rosa, Planta, Safra 2010/11 (A18) e Ambiente ideal (Ai).

Tabela 8 - Médias referentes às variáveis TBH e TCH de 13 genótipos médio-tardios, avaliados em 18 ambientes (A) no RS.

ID	C	Genótipo	TBH (t ha ⁻¹)																		Média
			A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14	A15	A16	A17	A18	
G1	4	RB008347	23.3	9.6	28.5	29.3	15.4	21.7	22.1	12.0	16.8	6.0	28.1	34.6	15.6	19.1	24.2	14.3	9.2	23.3	19.6
G2	12	RB008369	3.2	11.8	28.1	22.7	4.8	23.4	14.6	18.5	14.7	6.5	16.5	29.9	16.4	22.0	25.7	14.6	5.2	18.9	16.5
G3	6	RB72454	11.3	6.8	28.4	19.0	13.8	22.1	20.9	14.4	21.2	10.0	27.0	27.0	15.0	26.4	25.0	16.7	7.6	15.8	18.2
G4	10	RB835089	8.4	14.0	28.6	18.9	13.6	16.6	16.3	20.8	14.1	4.8	22.2	35.0	20.1	18.2	19.0	18.2	7.7	17.8	17.5
G5	7	RB845197	5.7	8.7	20.4	18.8	13.3	32.1	15.1	17.3	13.7	4.9	20.1	37.8	13.5	24.4	26.6	16.2	9.9	22.1	17.8
G6	9	RB845210	15.9	6.7	27.2	22.0	15.7	22.3	17.9	21.5	14.9	7.0	19.7	31.6	15.7	21.0	21.2	13.2	8.8	16.9	17.7
G7	8	RB867515	9.8	7.7	23.1	26.7	14.2	24.6	21.5	21.6	15.0	10.6	19.0	30.6	19.6	22.2	16.9	11.0	7.0	18.7	17.8
G8	5	RB925268	19.4	11.0	25.2	26.4	18.3	23.9	13.3	20.7	13.7	10.3	13.3	30.4	18.2	26.8	20.0	15.4	13.4	19.6	18.9
G9	2	RB935744	18.6	14.0	28.7	26.8	17.0	21.8	19.3	15.4	10.1	10.1	13.9	39.4	14.0	33.7	26.1	16.8	9.6	25.7	20.1
G10	13	RB947625	14.4	8.3	25.2	20.8	16.5	18.0	16.6	10.0	10.8	8.0	11.8	32.9	11.2	19.9	28.9	16.6	5.6	21.4	16.5
G11	11	RB965518	16.9	13.2	33.1	19.2	17.1	16.9	16.0	18.3	7.4	5.2	12.2	33.6	16.7	17.5	17.0	12.4	4.7	22.6	16.7
G12	1	RB987932	9.8	15.1	32.2	28.5	20.7	24.0	15.1	19.6	19.8	7.1	13.5	41.8	19.7	20.6	29.6	13.2	6.7	27.0	20.2
G13	3	RB987935	14.5	11.6	23.5	20.0	19.5	17.6	18.3	21.7	20.3	11.6	20.0	27.7	21.0	25.4	29.8	17.4	10.8	23.0	19.7
Média			13.2	10.7	27.1	23.0	15.4	21.9	17.5	17.8	14.8	7.8	18.2	33.3	16.7	22.9	23.8	15.1	8.2	21.0	18.2
TCH (t ha ⁻¹)																					
G1	6	RB008347	138.4	62.8	143.5	165.7	79.3	103.5	113.7	64.9	77.5	30.8	129.1	174.4	90.9	108.3	129.4	73.2	54.0	128.1	103.7
G2	13	RB008369	33.8	76.3	137.2	116.0	27.6	116.8	84.9	87.3	70.4	36.3	78.1	144.4	85.5	110.2	132.1	79.0	30.4	103.3	86.1
G3	5	RB72454	106.9	61.3	173.4	128.1	93.2	116.1	123.4	72.9	102.9	55.3	125.4	149.4	100.3	146.5	133.9	99.8	46.7	106.5	107.9
G4	9	RB835089	66.5	103.7	158.7	119.1	83.2	86.7	107.3	92.6	68.9	26.4	110.8	178.9	118.4	115.2	99.2	106.7	47.7	117.2	100.4
G5	8	RB845197	44.3	69.6	122.5	128.2	84.8	153.8	85.0	74.3	67.2	30.2	97.7	190.9	90.8	136.2	140.7	95.2	63.8	136.1	100.6
G6	10	RB845210	118.7	48.7	158.3	129.6	92.9	109.8	95.0	97.7	68.9	30.6	99.7	159.3	89.7	131.7	106.3	77.6	48.1	110.9	98.5
G7	7	RB867515	96.5	61.1	136.8	154.0	92.8	117.8	122.7	98.2	71.0	54.1	99.5	157.8	116.9	148.9	88.9	66.7	40.7	105.6	101.7
G8	4	RB925268	122.0	100.6	133.9	156.1	117.3	126.9	88.1	95.8	66.3	54.2	66.2	162.1	112.2	155.2	103.8	94.5	84.8	116.0	108.7
G9	1	RB935744	125.0	124.0	183.4	168.7	108.6	120.1	113.1	74.0	49.6	50.8	68.2	197.9	89.3	190.2	138.4	108.8	62.5	156.5	118.3
G10	12	RB947625	87.7	64.5	133.6	118.9	84.8	88.8	87.3	45.6	53.4	38.5	60.7	162.3	71.9	121.5	139.8	86.2	31.0	123.7	88.9
G11	11	RB965518	114.6	93.3	192.0	130.3	105.3	85.3	96.0	97.8	37.8	25.8	61.2	183.1	102.5	100.6	90.0	76.1	31.6	131.7	97.5
G12	3	RB987932	71.4	92.7	173.2	161.2	113.7	121.8	105.2	87.2	93.6	35.4	65.1	202.0	102.9	129.2	153.5	74.5	38.4	143.9	109.2
G13	2	RB987935	100.3	74.5	135.3	140.3	114.7	88.1	107.7	98.6	97.7	58.4	97.3	145.8	121.6	144.1	154.3	96.6	65.9	129.2	109.5
Média			94.3	79.5	152.4	139.7	92.2	110.4	102.3	83.6	71.2	40.5	89.1	169.9	99.4	133.7	123.9	87.3	49.7	123.8	102.4

C- refere-se à classificação dos genótipos baseada na média geral. Ambientes: Caxias do Sul (A1); Erechim (A2); Pelotas, Soca1 (A3); Pelotas, Planta (A4); Pelotas, Soca2 (A5); Porto Xavier, Soca1 (A6); Porto Xavier, Planta (A7); Porto Xavier, Soca2 (A8); São Borja, Soca1 (A9); São Borja, Planta (A10); São Borja, Soca2 (A11); Salto do Jacuí, Soca1 (A12); Salto do Jacuí, Planta (A13); Salto do Jacuí, Soca2 (A14); São Luis Gonzaga, Soca1 (A15); São Luis Gonzaga, Planta (A16); São Luis Gonzaga, Soca2 (A17); Santa Rosa (A18).

4.4 Conclusões

- i) Estabilidade e adaptabilidade ocorrem em vários genótipos, dos diferentes ciclos de maturação estudados, permitindo contar com um conjunto de cultivares potencialmente produtivas e com alto Brix, nas diferentes regiões do Rio Grande do Sul.
- ii) Salto do Jacuí é o ambiente mais indicado para testes preliminares de seleção de genótipos, pois apresenta alta estabilidade, o que possibilita o ordenamento de genótipos com maior confiabilidade em relação à média dos ambientes testados.

5 Capítulo 2 – Caracterização de genótipos de cana-de-açúcar quanto à maturação, reação às doenças e a tolerância ao frio.

5.1 Introdução

O conhecimento adequado dos potenciais de industrialização de cada clone ou variedade é fator de maior importância para se determinar as quantidades a serem plantadas de cada um deles. Cada genótipo apresenta um perfil de maturação, que é resultado de fatores genéticos, ambientais e da interação destes dois. Para se determinar as possibilidades de produção de álcool e açúcar de novos clones em introdução é necessária aplicação de uma metodologia apropriada. A instalação de um ensaio de maturação, sendo ele, complementar ao ensaio de produtividade, permite o estudo da capacidade de cada clone de acumular sacarose em colheitas periódicas durante todo o período da safra, denominada curva de maturação (ZAMBON & DAROS, 2005).

Estes ensaios fornecem subsídios para que o planejamento varietal possa ser efetivado, e o processamento da matéria-prima (colmos) realizado quando esta apresentar alta qualidade. O planejamento consiste basicamente na divisão das áreas de cultivo com variedades do grupo precoce, médio e tardio.

Na figura 7 verifica-se um comportamento hipotético da curva de maturação das variedades de ciclo precoce (colhe-se de maio a junho), médio (julho a agosto) e tardio (setembro a novembro), para as condições do Centro-Sul do Brasil (PEREIRA & SEGATO, 2006). Estas variedades ainda dividem-se segundo o período útil de industrialização (PUI), o qual pode ser curto (70 a 110 dias) médio (110 a 150 dias) e longo (>150 dias). Outra classificação é quanto ao teor de sacarose (CÂMARA, 1993), sendo ricas, médias e pobres no acúmulo de sacarose.

Outro fator de grande importância no desempenho agrônomo dos genótipos é a resistência às doenças. O principal método de controle de doença na cultura da cana-de-açúcar é o uso de variedades resistentes ou tolerantes (MATSUOKA et al., 2005). Neste sentido, os programas de melhoramento genético buscam cruzamentos entre genitores com resistência às principais doenças, assim como a seleção de genótipos superiores nas progênes destes cruzamentos.

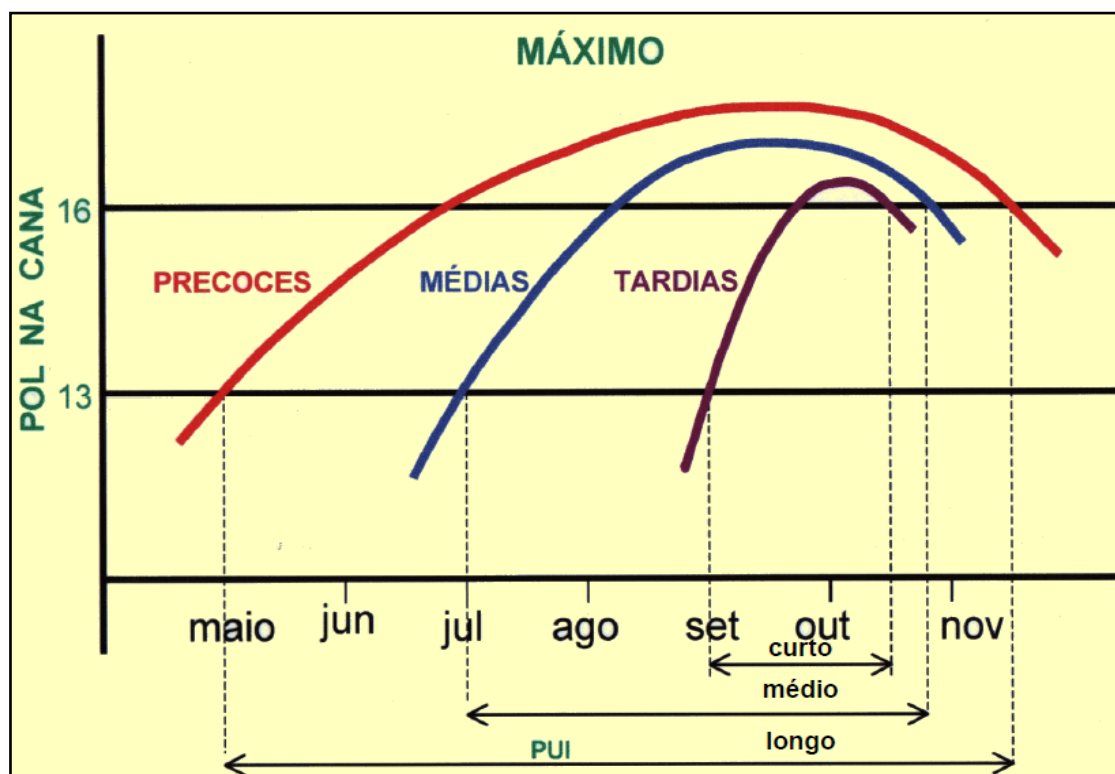


Figura 7 - Comportamento do teor de sacarose (POL) durante os meses de colheita da cana-de-açúcar, conforme grupo de maturação e o período útil de industrialização (PUI) das variedades. (Adaptado Vicco, 2008)

O extremo Sul, assim como o Centro-Oeste do Brasil é considerado uma nova fronteira agrícola para a cana-de-açúcar. Com o cultivo em novas áreas e mudanças no sistema de produção, como a substituição da queima pela colheita mecânica, surtos epidêmicos de doenças poderão surgir. Para Sanguino (2007), a colheita mecanizada da cana crua, sem o uso do fogo, representará condição favorável de manutenção e aumento da pressão de inóculo de doenças, como a mancha parda, bem como outros fungos necrotróficos e algumas bactérias. Dependendo da suscetibilidade do genótipo e das condições ambientais, estas

doenças podem causar sérios danos à cultura. Por exemplo, a ferrugem alaranjada (*Puccinia kuehnii*), que é considerada uma praga quarentenária, recentemente vem causando preocupações no setor.

Por estes motivos, a identificação de fitopatógenos e a continuidade dos estudos de reação varietal, para as principais doenças da cana-de-açúcar, são importantes ferramentas para o desenvolvimento de genótipos e consequentemente da cultura.

A demanda por estudos envolvendo resistência varietal para enfrentar os estresses climáticos têm aumentado nos últimos anos para muitas culturas. Na cana-de-açúcar não é diferente, sendo a seca (no Centro-Sul) e o frio (no MS, SP, PR, SC e RS) os principais estresses climáticos enfrentados pela cultura no Brasil. Segundo Porto (2011), no ano de 2011 muitos canaviais no Brasil sofreram com danos causados por geadas. As regiões mais atingidas foram o sudoeste e o oeste paulista, norte do Paraná e sul de Mato Grosso do Sul. Nas áreas mais atingidas pelas geadas de junho e julho de 2011 a produtividade da cana colhida poderá cair até 20%. A Região Sul, principalmente o Rio Grande do Sul, tem baixa participação no setor sucroalcooleiro brasileiro, cerca de 7,0 e 0,02% da produção, respectivamente (CONAB, 2011). A baixa resistência ao frio das cultivares existentes e um dos fatores limitantes da cultura na região.

A suscetibilidade da cana-de-açúcar a injúrias advindas de baixas temperaturas, incluindo resfriamento (baixas temperaturas acima de 0°C) e congelamento (temperaturas abaixo de 0°C induzindo formação de gelo extracelular) é um fator limitante para o seu desenvolvimento, produtividade e distribuição geográfica, representando perdas econômicas e dificuldades de difusão da cultura (XIN & BROWSE, 2000).

O objetivo deste trabalho foi avaliar a maturação, reação às doenças e tolerância ao frio de genótipos de cana-de-açúcar em diferentes ambientes do Estado do Rio Grande do Sul.

5.2 Material e métodos

As avaliações de Brix (curva de maturação) e da reação aos estresses bióticos e abióticos foram realizadas em 15 genótipos precoces e 13 genótipos médio-tardios (Tabela 3).

O parâmetro utilizado para a avaliação da maturação e posterior confecção

das curvas foi o teor de sólidos solúveis totais (SST), aqui denominado de graus Brix (° Brix). Os teores de SST foram analisados pelo Brix % caldo em refratômetro digital de Brix, marca Atago® modelo Pal-1, com compensação automática da temperatura. O °Brix é o parâmetro mais utilizado na indústria do açúcar e do álcool. E expressa a porcentagem peso/peso dos sólidos solúveis contidos em uma solução, ou seja, mede indiretamente o teor de sacarose na solução (FERNANDES, 2003).

As curvas de maturação foram realizadas nos locais; Salto do Jacuí (SJC), São Borja (SBJ), Santa Rosa (SRO) e Pelotas (PEL), na safra 2010/2011. As avaliações do Brix foram realizadas a cada 30 dias, sempre que possível na primeira semana de cada mês, entre abril e setembro de 2011. Em cada data de avaliação foram amostrados três diferentes colmos por parcela, com leitura do Brix do caldo em dois pontos por colmo, terceiro entrenó abaixo do ponto de quebra e terceiro acima do solo. A média destas amostras foi utilizada para a confecção das curvas, tomando como padrão de maturação as variedades RB855156 (precoce), RB835089 (média) e RB72454 (tardia). Com base na análise do capítulo 1, somente os genótipos destaques foram usados para apresentação e discussão das curvas de maturação.

A reação dos genótipos às principais doenças da cana-de-açúcar foi realizada sob condição de campo, segundo o diagnóstico direto pelo quadro sintomatológico das doenças, e quando necessário, estruturas da planta foram coletadas e encaminhadas para o Laboratório de Fitopatologia da Embrapa Clima Temperado para identificação do agente fitopatogênico. Notas foram dadas aos genótipos seguindo escala de incidência para as doenças carvão, escaldadura, estrias vermelhas e manchas foliares e escala de severidade para ferrugem e mancha parda (Tabela 9). Na apresentação dos resultados, optou-se pela indicação por cores, para os diferentes níveis de doença.

As avaliações de doenças foram realizadas no período de março a abril, nos ambientes de Pelotas (PEL), São Luis Gonzaga (SLG), São Borja (SBJ), Porto Xavier (PXV) e Salto do Jacuí (SJC) nas safras 2009/10 e 2010/11 e em Santa Rosa (SRO) na safra 2010/2011.

A reação dos genótipos quanto ao estresse por frio foi avaliada no momento da colheita (25/08/2011), nos ambientes de Salto do Jacuí (SJC) e São Luiz Gonzaga (SLG) em ciclo de cana planta, na safra 2010/2011. O nível de estresse, para os caracteres gema apical morta (GAM), brotação lateral e basal (BL e BB),

nota geral (NG) e acamamento (AC) foi avaliado dando-se notas de 1 (ótimo) a 5 (péssimo), conforme tabela 10.

Tabela 9 - Principais fitopatógenos avaliados em ensaio de competição de genótipos de cana-de-açúcar no Estado do Rio Grande do Sul, e níveis de reação conforme escalas de incidência e severidade.

Fitopatógeno			Notas / Cores ¹											
Sigla	Nome comum	Nome científico												
			Incidência											
			Níveis de reação →	A/R	MR					MS/S				
			% de plantas atacadas →	0	0,1 a 5,0					> 5,0%				
CAR	Carvão	<i>Ustilago scitaminea</i>	1	2					3					
ESC	Escaldadura	<i>Xanthomonas albilineans</i>	1	2					3					
VEV	Estrias Vermelhas	<i>Acidovorax avenae</i> subsp. <i>avenae</i>	1	2					3					
MF	Manchas Foliares	<i>Leptosphaeria sacchari</i> ; <i>Bipolaris sacchari</i> ; entre outras	1	2					3					
			Severidade											
			Níveis de reação →	A/R	R	MR	MS	MS	S	S	S	AS		
			% de área foliar atacada →	0	0,5	0,01	0,05	0,1	0,25	0,35	0,5	>50%		
FER	Ferrugem	<i>Puccinia melanocephala</i>	1	2	3	4	5	6	7	8	9			
MP	Mancha Parda	<i>Cercospora longipes</i>	1	2	3	4	5	6	7	8	9			

¹- Níveis de reação às doenças conforme notas e cores, onde: A/AR- ausente ou altamente resistente; R- resistente; MR- moderadamente resistente; MS- moderadamente suscetível; S- suscetível e AS- altamente suscetível. (Adaptado de Amorin et al. (1987); Purdy e Dean (1981)).

Tabela 10 - Avaliações realizadas em genótipos de cana-de-açúcar em condição de estresse por frio, nos ambientes de Salto do Jacuí e São Luiz Gonzaga, RS, ciclo de cana planta, safra 2010/2011.

Nota	Avaliação				
	Nota Geral (NG)	Acamamento (AC)	Brotação Lateral (BL)	Brotação Basal (BB)	Gema Apical Morta (GAM)
1	Excelente	Ereta	Ausente	Ausente	Ausente
2	Bom	<10% Acamada	Pouco (< 10% de brotação)	Pouco (< 10% de brotação)	Pouco (< 5% das gemas mortas)
3	Regular	10-25% Acamada	Regular (10 a 25% de brotação)	Regular (10 a 25% de brotação)	Regular (5 a 25% das gemas mortas)
4	Ruim	25-50% Acamada	Muito (25 a 50% de brotação)	Muito (25 a 50% de brotação)	Muito (25 a 50% das gemas mortas)
5	Péssimo	> 50 % Acamada	Abundante (> 50% de brotação)	Abundante (> 50% de brotação)	Abundante (> 50% das gemas mortas)

Adaptado de Zambom & Daros (2005).

5.3 Resultados e Discussão

Curva de maturação

Em geral, a safra 2010/2011 foi favorável para a maturação, com exceção de Pelotas. O Brix teve incremento com o decorrer das avaliações, os gráficos indicam que o pico de maturação não foi alcançado, para a maioria dos genótipos, nos ambientes de Pelotas (PEL), Santa Rosa (SRO) e São Borja (SBJ), a exceção de Salto do Jacuí (SJC) que apresentou o Brix máximo (20°) no mês de julho e decréscimo a partir deste mês.

Normalmente o julgamento do estágio de maturação dá-se com relação ao Brix, o valor ideal para considerá-la madura é de no mínimo 18% no início e durante todo o decorrer da safra (FERNANDES, 1985). Este parâmetro sofre influência do ambiente (temperatura e umidade do solo) (FERNANDES, 2003). Portanto, o valor do Brix tem incremento no período de estiagem e decréscimo após a ocorrência de precipitação e temperaturas em elevação.

Para o local Salto do Jacuí (Figura 8), a testemunha precoce RB855156 foi superada somente na amostragem de agosto pelos genótipos RB925345, RB966928 e RB975935 (Figuras 8 A, C e D). A variedade RB855156 ainda mantém alto acúmulo de sacarose no início de safra, para as condições avaliadas. A variedade RB966928 foi a que chegou mais próximo da testemunha padrão no decorrer da safra. Em relação ao período útil de industrialização (PUI), esta variedade, aliada a RB925345 foram as que tiveram os maiores PUIs, pois mostraram uma tendência de manutenção da qualidade para final de safra. O clone RB996961 (Figura 8 F) vem sendo classificado como precoce, no entanto mostrou-se muito inferior a testemunha, com Brix em torno de 16% no início da safra. Apesar do baixo desempenho em início de safra, isto não impediu que este clone apresentasse incremento constante, o que indica ser tardia para as condições avaliadas.

Em relação ao ciclo médio-tardio, somente o clone RB987932 (Figura 9 F) alcançou Brix acima de 18%, e a partir de julho. Este clone foi bem superior as testemunhas durante toda a safra, e vale ressaltar que obteve a primeira posição geral em relação a produtividade de Brix (TBH), porém possui interação negativa com alguns ambientes. Todos os outros genótipos superaram as testemunhas.

São Borja foi o local onde apresentou o maior valor de maturação dentre os ensaios (com brix acima de 21% para RB925345 no mês de julho) (Figura 10).

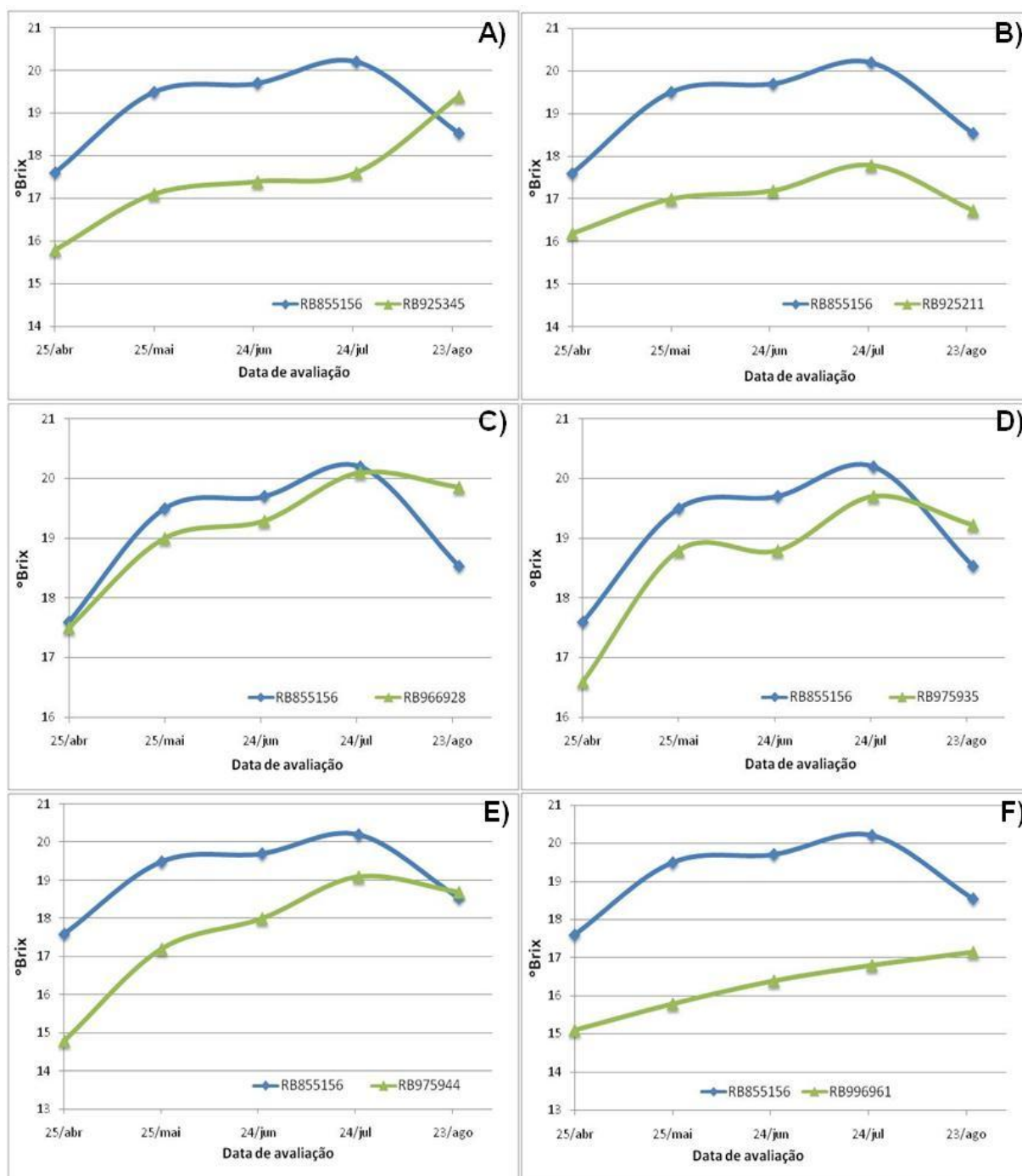


Figura 8 - Curva de maturação (°Brix em função dos meses de colheita) dos genótipos de cana-de-açúcar; RB925345 (A), RB925211 (B), RB966928 (C), RB975935 (D), RB975944 (E) e RB996961 (F), comparados com a testemunha precoce (RB855156), no local Salto do Jacuí (SJC), safra 2010/2011.

Embora neste ambiente os genótipos tenham alcançado altos índices de maturação, a produtividade foi baixa, conforme verificada no capítulo anterior. A variedade RB966928 apresentou comportamento semelhante a RB925345 (Figura 10 A e C), com Brix no início da safra inferior a testemunha, superando-a e alcançando o pico

em julho e posterior declínio. O comportamento dos genótipos RB925211, RB975935, RB975944 e RB996961 (Figuras 10 B, D, E e F) foram semelhantes, com incremento constante no teor de sólido solúveis (Brix). O pico de maturação não foi observado em agosto para este grupo.

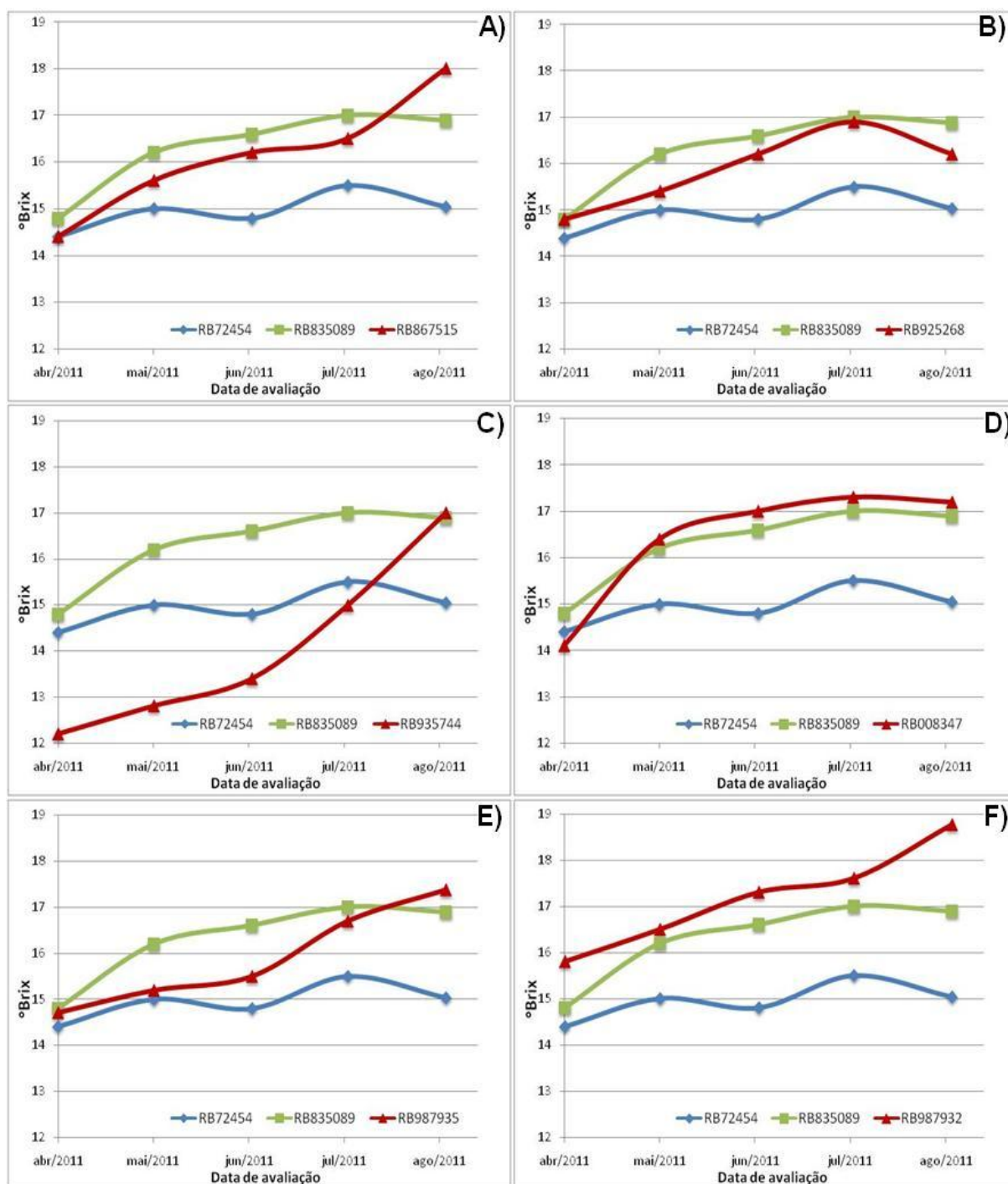


Figura 9 - Curva de maturação (°Brix em função dos meses de colheita) dos genótipos de cana-de-açúcar; RB867515 (A), RB925268 (B), RB935744 (C), RB008347 (D), RB987935 (E) e RB987932 (F), comparados com as testemunhas RB835089 como média e RB72454 como tardia, no local Salto do Jacuí (SJC), safra 2010/2011.

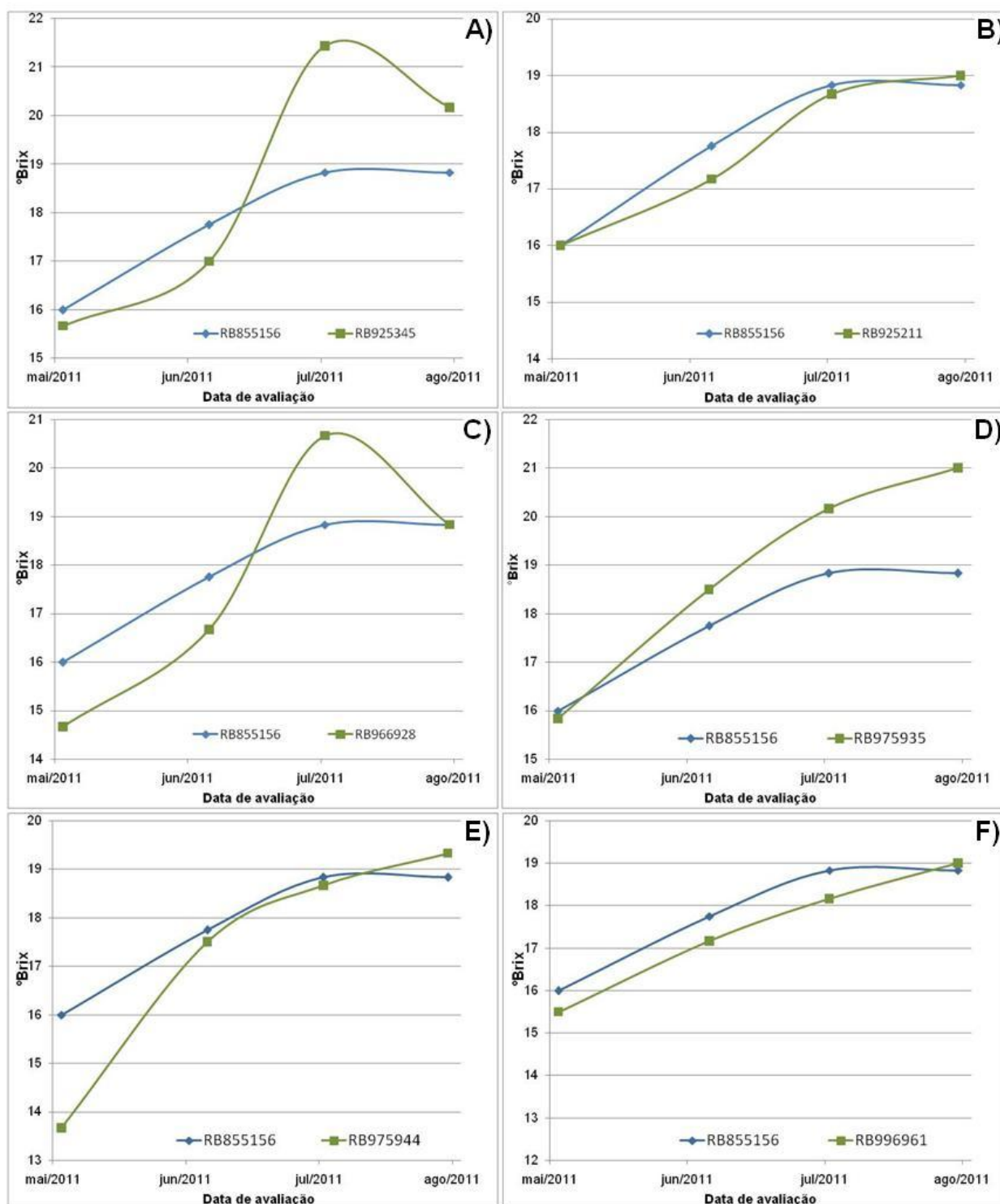


Figura 10 - Curva de maturação (°Brix em função dos meses de colheita) dos genótipos de cana-de-açúcar; RB925345 (A), RB925211 (B), RB966928 (C), RB975935 (D), RB975944 (E) e RB996961 (F), comparados com a testemunha precoce (RB855156), no local São Borja (SBJ), safra 2010/2011.

Para os genótipos médio-tardios no local São Borja, a variedade RB867515 (Figura 11 A) foi a que obteve o maior incremento no decorrer da safra, com mais de

um ponto de Brix/mês, e alcançou o valor de 18% (ponto de colheita) em julho. O mesmo se observou nos genótipos RB008347, RB987935 e RB987932 (Figuras 11 D, E e F), que já haviam alcançado o ponto de corte em julho. Para este último (clone RB987932), observou-se que o ponto de corte foi alcançado em junho e com posterior incremento no Brix, chegando a aproximadamente 20% em agosto. Para a maioria dos genótipos de ciclo médio-tardio verificou-se tendência de aumento no brix (maior acúmulo de sacarose) após a última avaliação (agosto), ou seja, aparentemente o pico de maturação ainda não havia sido alcançado.

No local Pelotas o comportamento foi o inverso de São Borja, a maturação foi prejudicada, com baixo acúmulo de sacarose no início e meio da safra (Figuras 12 e 13), embora a produtividade de colmos tenha sido elevada (143 TCH, média).

Vale ressaltar que a amostragem do Brix era realizada no terço inferior e superior dos colmos (pé e ponta), e frequentemente, observava-se baixo valor (abaixo de 10%) no terço superior, principalmente no início e meio da safra. Ainda que o terço inferior tenha alcançado Brix acima de 18%, o Brix da ponta fez reduzir a média, e este foi o principal motivo dos baixos valores observados. Em Pelotas não foi possível verificar o declínio do Brix, pois a última avaliação foi em setembro, no entanto observa-se redução da taxa de incremento a partir de julho.

O grande destaque foi à variedade RB966928 (Figura 12 C), que obteve maturação para colheita a partir de junho, e alcançou 19% de Brix em setembro, com excelente produtividade de colmos. Segundo Daros et al. (2010) a variedade RB966928 apresenta PUI médio e maturação precoce a média, com curva de maturação ligeiramente abaixo da padrão (RB855156) e destaque para o teor médio de sacarose, aliada a alta produtividade agrícola, para as condições do Estado do Paraná. No entanto, nas condições de Pelotas (assim como São Borja e Santa Rosa) a variedade RB966928 mostra-se superior a RB855156, com curva de maturação superior a testemunha.

O clone RB975935 (Figura 12 D) obteve o pico de maturação entre os meses de junho e julho, mantendo a qualidade até o último mês de avaliação (setembro) em Pelotas. Este padrão é interessante, pois indica que o material apresenta PUI longo. Comportamento semelhante foi observado para o clone RB975944 (Figura 12 E), porém esse clone não diferiu da testemunha.

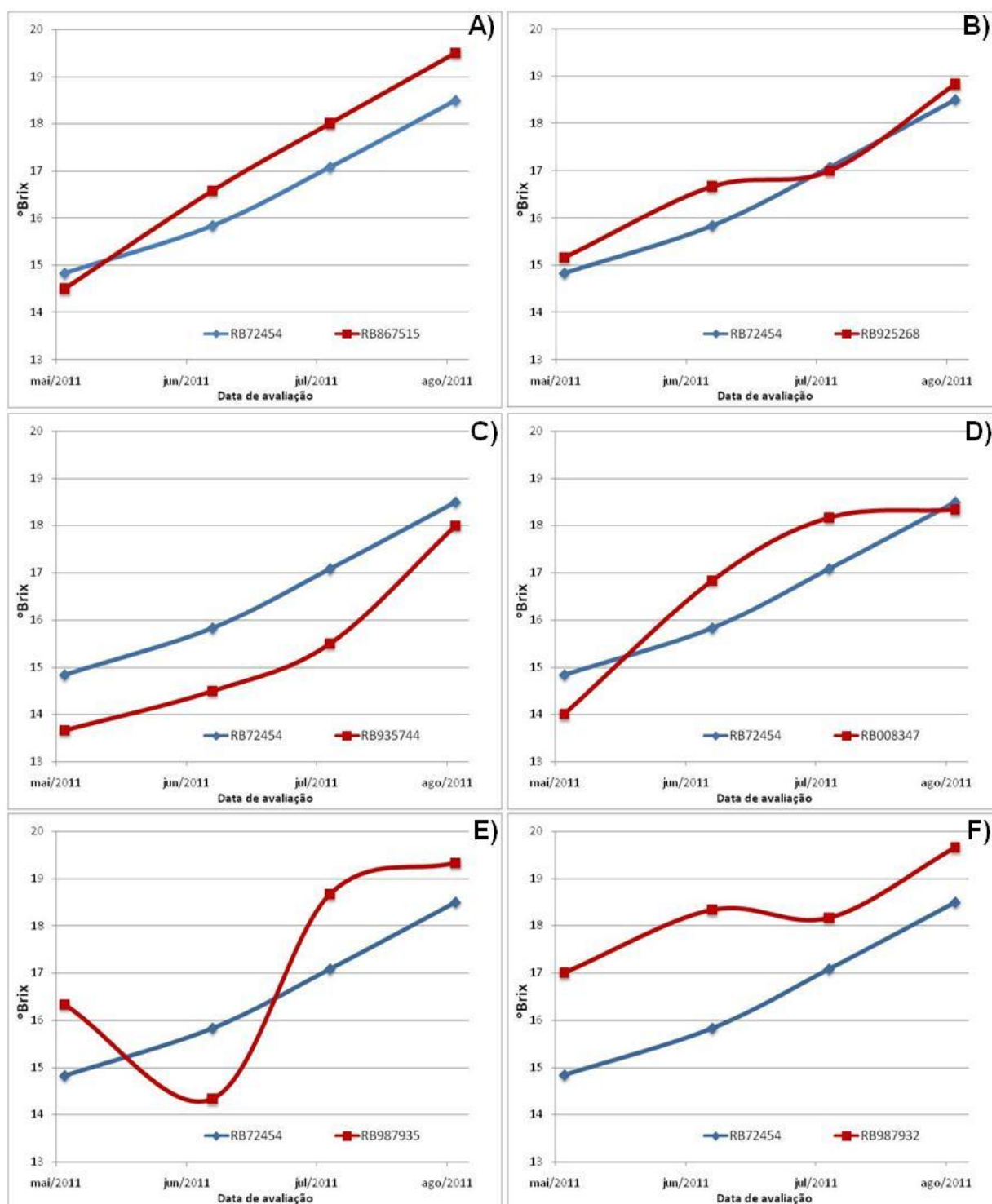


Figura 11 - Curva de maturação (°Brix em função dos meses de colheita) dos genótipos de cana-de-açúcar; RB867515 (A), RB925268 (B), RB935744 (C), RB008347 (D), RB987935 (E) e RB987932 (F), comparados com a testemunha tardia (RB72454), no local São Borja (SBJ), safra 2010/2011.

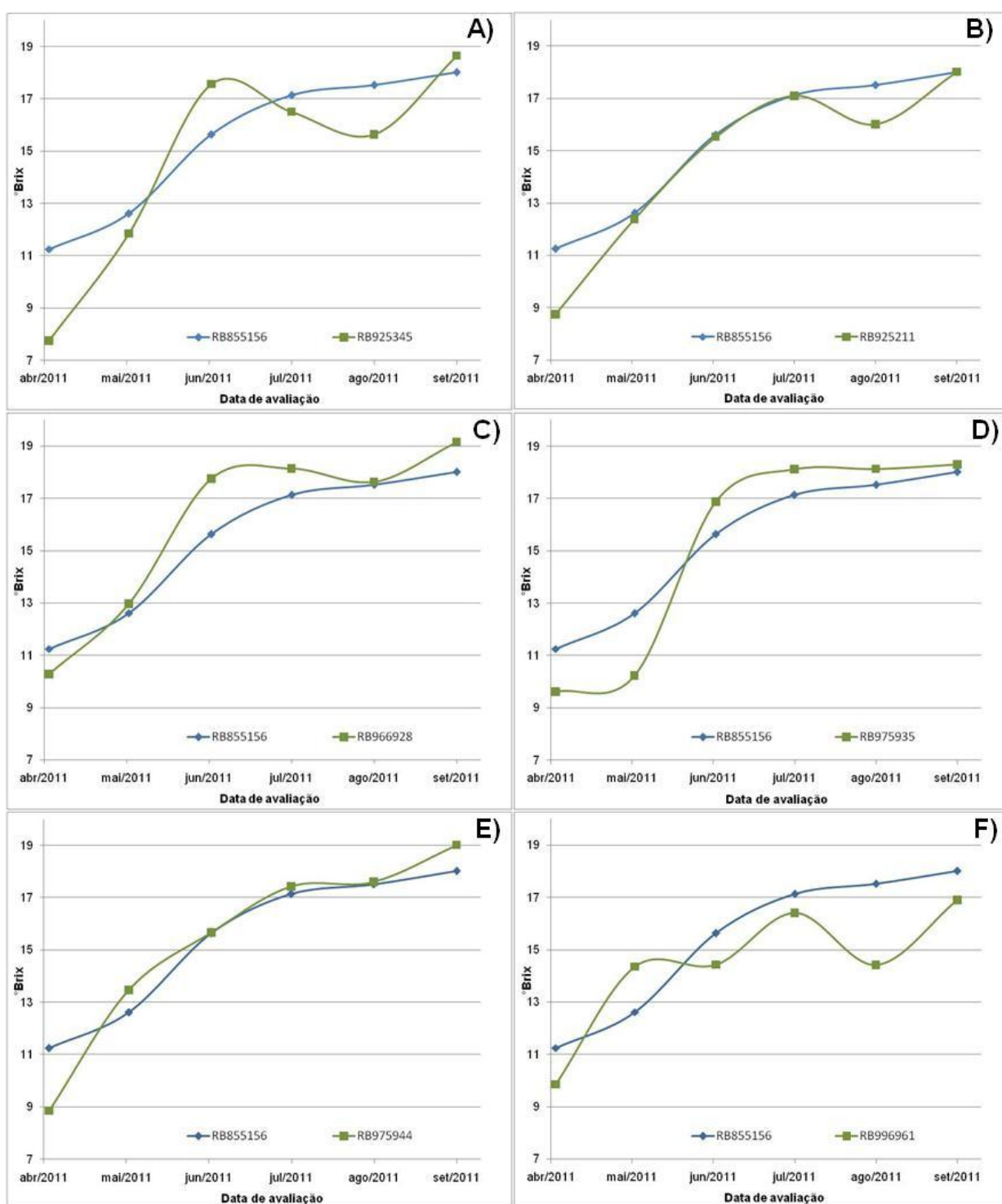


Figura 12 - Curva de maturação (°Brix em função dos meses de colheita) dos genótipos de cana-de-açúcar; RB925345 (A), RB925211 (B), RB966928 (C), RB975935 (D), RB975944 (E) e RB996961 (F), comparados com a testemunha precoce (RB855156), no local Pelotas (PEL).

Para os genótipos de ciclo médio-tardio (Figura 13), os baixos índices de maturação no início e meio da safra se intensificam, sendo que o pico de maturação

não foi observado até setembro. Contudo, os clones RB008347, RB987935 e RB987932 (Figuras 13 D, E e F) mostram-se favoráveis a maturação a partir de agosto, atingindo 18 de Brix em setembro, com tendência de incremento. Segundo Pereira & Segato (2006), a colheita das variedades de ciclo médio ocorre entre julho e agosto, e para os tardios é comum realizar o corte a partir de setembro até

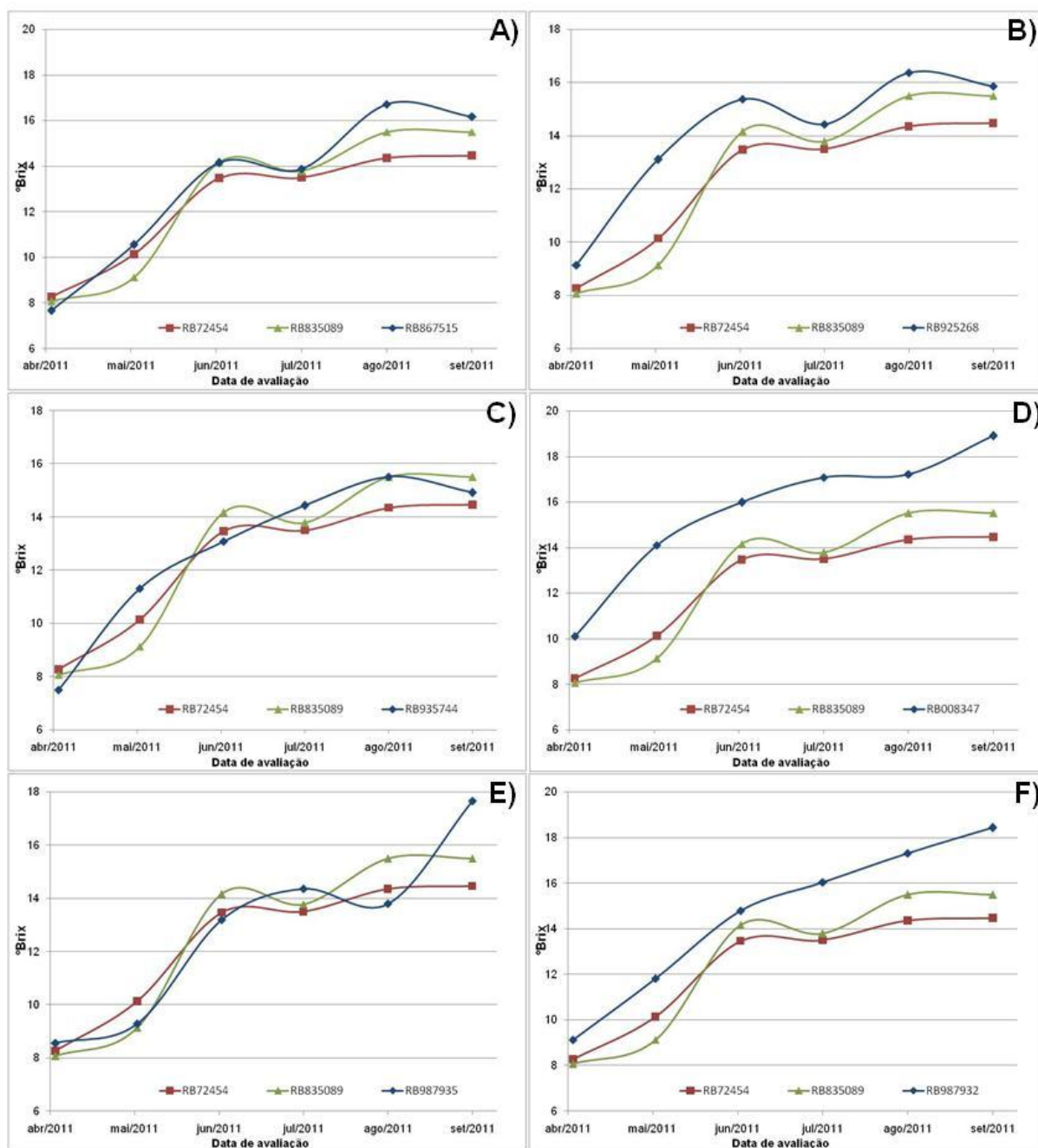


Figura 13 - Curva de maturação (°Brix em função dos meses de colheita) dos genótipos de cana-de-açúcar; RB867515 (A), RB925268 (B), RB935744 (C), RB008347 (D), RB987935 (E) e RB987932 (F), comparados com as testemunhas RB835089 como média e RB72454 como tardia, no local Pelotas (PEL), safra 2010/2011.

novembro, para as condições do Centro-Sul do Brasil. Neste sentido, os clones acima citados mostram comportamento tardio para as condições de Pelotas, na safra 2010/2011.

Em Santa Rosa, alta infestação de broca-da-cana (*Diatraea saccharalis*) foi verificada, com comprometimento da produtividade, principalmente para TBH. A variedade padrão RB855156 foi um dos genótipos com maior índice de infestação (dados não apresentados). Este comportamento pode ter influenciado o Brix, sobretudo no mês de maio, muito embora nenhum genótipo tenha superado o Brix de abril da RB855156 (Figuras 14). A variedade RB925345 e os clones RB975935 e RB996961 apresentaram comportamento semelhante (Figuras 14 A, D e E), sendo que estes genótipos superaram a testemunha somente em julho.

Em Santa Rosa, a variedade precoce RB966928 novamente foi destaque (Figura 14 C), com alto acúmulo de sacarose no decorrer da safra, e também não mostrou a queda do Brix até julho, sendo que neste mês apresentou o mais alto valor de Brix (20,8), dentre os genótipos avaliados, no ambiente Santa Rosa, safra 2010/2011.

A variedade RB925211 (Figura 14 B) apresentou desempenho diferenciado no ambiente Santa Rosa. A superioridade em relação a padrão (RB855156), verificada neste local, não foi observada nos demais ambientes. Nota-se que o pico de maturação ocorreu no mês de junho, com aproximadamente 20% de Brix. Os clones RB975935 e RB996961 (Figura 14 D e F) foram os que apresentaram maior incremento da maturação de junho para julho, passando de 16% para 19%. Além de ter apresentado Brix satisfatório a partir de julho, a produtividade de colmos (TCH) do clone RB996961 foi a maior entre as precoces, com 155 TCH (ton.ha⁻¹). Este comportamento foi similar em Salto do Jacuí.

Em relação aos genótipos de ciclo médio-tardio (Figura 15), os maiores valores de Brix no mês de julho foram observados nos clones RB008347, RB987935 e RB987932 (Figuras 15 D, E e F) e com tendência de incremento para o ambiente de Santa Rosa. Desempenho semelhante foi observado em Pelotas.

A variedade tardia RB935744 (Figuras 9, 11, 13 e 15 “C”) pode ser classificada como pobre em sacarose, especialmente no início e meio de safra. Apesar disso, há uma tendência de acúmulo de sacarose a partir de julho, fazendo com que esta variedade supere a testemunha RB72454, em três (SJC, PEL e SRO) dos quatro ambientes avaliados, a exceção de São Borja.

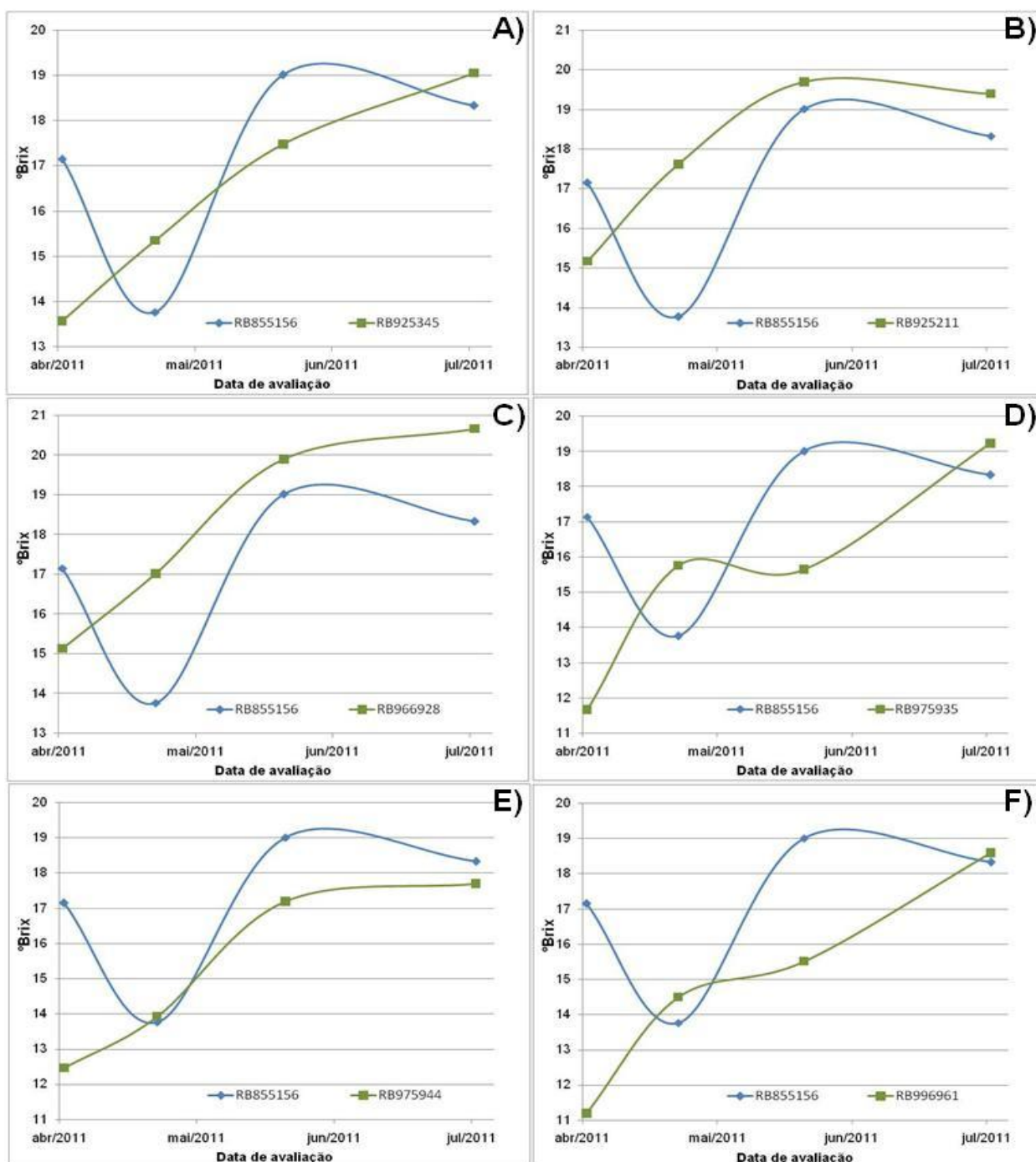


Figura 14 - Curva de maturação (°Brix em função dos meses de colheita) dos genótipos de cana-de-açúcar; RB925345 (A), RB925211 (B), RB966928 (C), RB975935 (D), RB975944 (E) e RB996961 (F), comparados com a testemunha precoce (RB855156), no local Santa Rosa (SRO), safra 2010/2011.

A variedade tardia RB72454 apresenta alta especificidade ao ambiente de São Borja, para ambas as características TCH e TBH, conforme verificada na análise de estabilidade e adaptabilidade do capítulo 1. A adaptação específica da

RB72454 pode estar ligada, dentre outros fatores, com a doença mancha parda (*C. longipes*). De modo que neste ambiente a pressão desta doença foi nula, por outro lado, para os demais ambientes foi de média a alta (VERISSIMO et al., 2010).

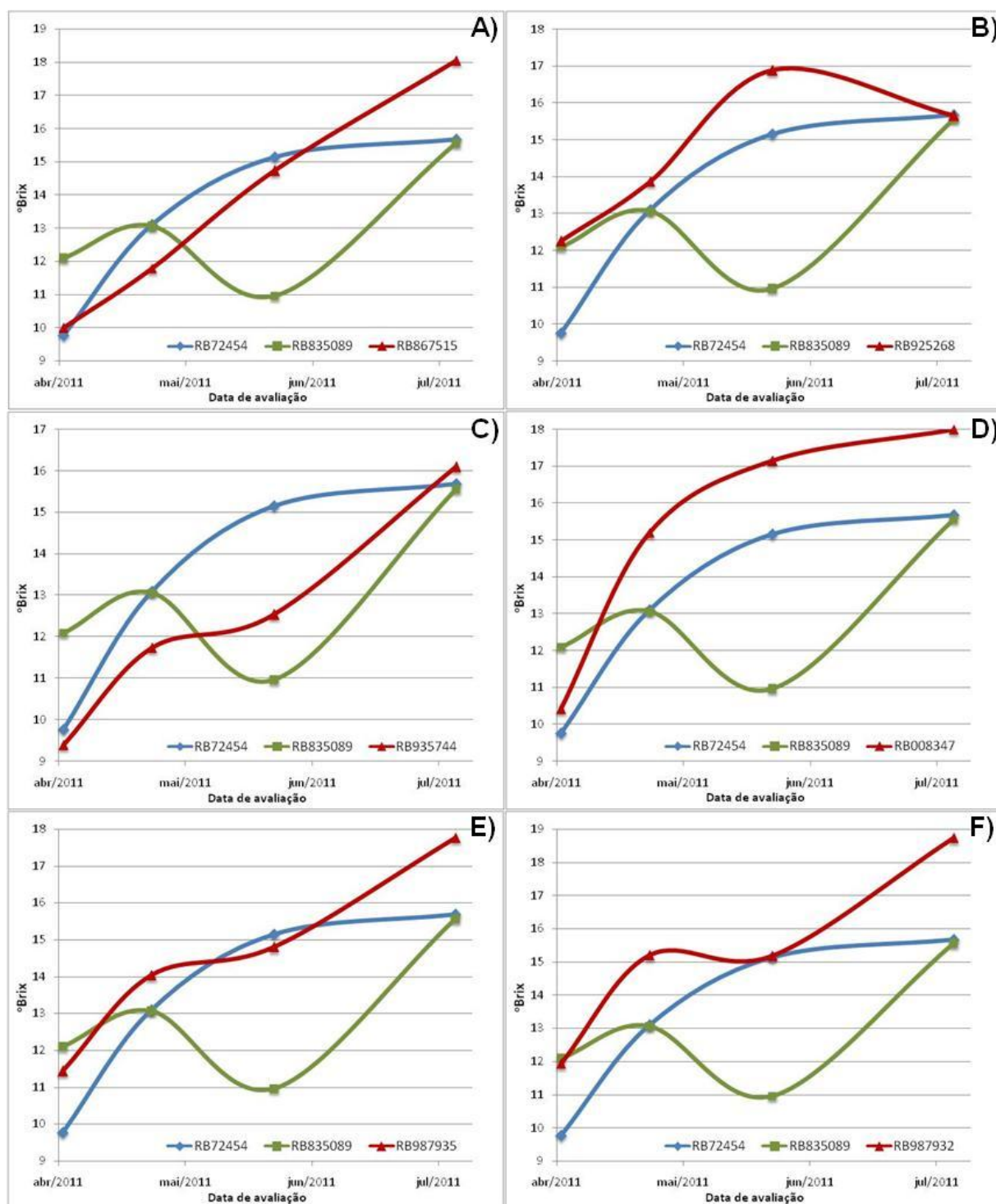


Figura 15 - Curva de maturação (°Brix em função dos meses de colheita) dos genótipos de cana-de-açúcar; RB867515 (A), RB925268 (B), RB935744 (C), RB008347 (D), RB987935 (E) e RB987932 (F), comparados com as testemunhas RB835089 como média e RB72454 como tardia, no local Santa Rosa (SRO), safra 2010/2011.

Por muitos anos, esta foi a variedade mais plantada no Brasil, com destaque para produtividade alta em cana planta e cana soca, rendimento agroindustrial alto, baixa exigência em fertilidade do solo, adaptabilidade ampla e estabilidade de produção alta (FERNANDES, 2005). No entanto, como é natural nos monocultivos e comum na cultura da cana-de-açúcar o “declínio varietal”, esta variedade vem sendo substituída por outras variedades, principalmente devido a sua susceptibilidade a ferrugem alaranjada (FERRARI et al., 2010).

Avaliação quanto à reação às doenças

Em geral, a severidade de ferrugem marrom (*P. melanocephala*) foi maior na safra 2009/2010 que na safra 2010/2011 (Tabela 12), o inverso foi verificado para mancha parda (*Cercospora longipes*).

A ferrugem marrom (Figura 16B) é considerada uma das doenças mais importantes e prevalentes em todas as regiões canavieiras do Brasil, devido à sua ampla distribuição geográfica e aos danos por ela causados (MATSUOKA et al., 2005). A mancha parda (Figura 16A), por sua vez, é considerada uma doença secundária e normalmente não causa danos aos canaviais (TOKESHI, 1997). Embora Sanguino (2007) aponte que a colheita mecanizada da cana crua, sem o uso do fogo, representará condição favorável de manutenção e aumento de inóculo de doenças, como a mancha parda, bem como outros fungos necrotróficos e algumas bactérias. Dependendo da suscetibilidade da cultivar e das condições ambientais estas doenças podem causar sérios danos à cultura.

Incidência de mancha parda (*Cercospora longipes* Butler) foi verificada por Brinholi (1972). Este autor verificou a presença do patógeno em cana-de-açúcar nos ensaios de avaliação para tolerância ao frio, conduzidos em região de altitude, Campos do Jordão, do Estado de São Paulo. Recentemente, devido a preocupação com a entrada da ferrugem alaranjada no Brasil, em muitas amostras enviadas para os laboratórios de diagnóstico de doença, foram observados sintomas e sinais da mancha parda, que pode ser confundida, a campo, com a ferrugem alaranjada (FERRARI et al., 2010). Vale ressaltar que não foi identificada ferrugem alaranjada (*Puccinia kuehnii*) nos ensaios, e ainda não há relatos no Rio Grande do Sul.

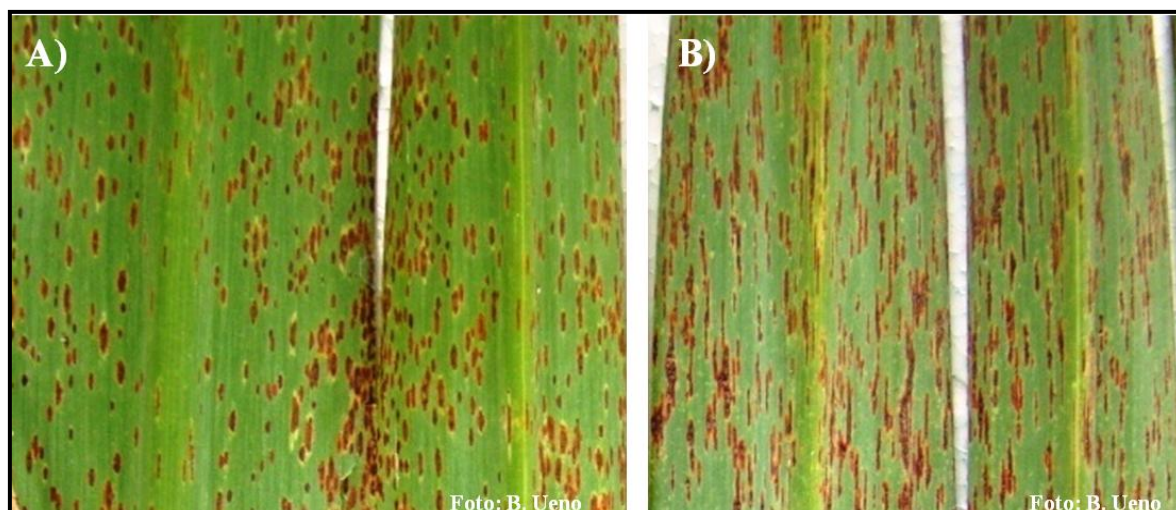


Figura 16 - Folhas com sintomas de mancha parda (A) na variedade RB72454 e ferrugem marrom (B) no clone RB985523.

Na safra 2009/2010, as principais doenças da cana-de-açúcar foram avaliadas quanto à porcentagem de genótipos (clones e variedades) sintomáticos (Tabela 11). Segundo o triângulo da fitopatologia, três pontos são necessários para que haja doenças em plantas; patógeno, hospedeiro suscetível e ambiente favorável. Neste sentido, verificou-se baixíssima incidência de patógenos no ambiente de São Borja (SBJ) em ambas as safras. Por outro lado, em São Luis Gonzaga (SLG) observou-se alta incidência de estria vermelha e podridão do colmo, e de moderada a alta incidência de ferrugem marrom foi observada. O mesmo

Tabela 11 - Porcentagem de genótipos (clones e variedades) sintomáticos em relação às doenças da cana-de-açúcar, avaliadas por local na safra 2009/2010.

Locais	SBJ*	SLG	PXV	SJC	PEL	Média
Doenças	%					
Estrias Vermelhas (EV)	0	80	35	56	2	35
Carvão (CAR)	0	0	15	0	0	3
Escaldadura (ESC)	1	1	2	5	1	2
Mancha Foliar (MF)	-	-	-	16	30	23
Mancha da bainha (MB)	25	-	43	59	-	42
Mancha parda (MP)	0	6	3	28	80	23
Podridão do colmo (PC)	0	15	-	-	0	4
Ferrugem (FER)	0	13	2	18	20	11

* Abreviação para os locais; SBJ- São Borja, SLG- São Luiz Gonzaga, PXV- Porto Xavier, SJC- Salto do Jacuí e PEL- Pelotas. O sinal "-" significa que a doença não foi avaliada no local, mas poderia estar presente.

Fonte: VERISSIMO et al. (2010)

ocorreu em Salto do Jacuí (SJC), sendo que a mancha parda esteve presente em 28% dos genótipos avaliados. Esta doença (MP) apresentou maior incidência e severidade em Pelotas (80% dos genótipos), neste local também foi verificada ferrugem, escaldadura e outras doenças. Porto Xavier foi o único local onde houve a incidência de carvão, além de todas as outras doenças avaliadas.

Em relação a resistência varietal para ferrugem, maior susceptibilidade foi verificada nos clones RB935581 e RB966923, sendo enquadrados como moderadamente susceptíveis, conforme Amorin et al. (1987). Os genótipos RB986955, RB965911 e RB925345 podem ser classificados como resistentes. Os demais genótipos foram classificados como altamente resistentes, para as condições avaliadas. O clone RB975935 apresentou moderada susceptibilidade somente em Porto Xavier, maior atenção deve ser dada a este clone em futuras avaliações (Tabela 12).

Em ambas as safras o carvão somente foi verificado em Porto Xavier (Tabela 12). Na safra 2009/2010, os genótipos precoces RB966928, RB935581, RB855156, RB946903, RB925211, RB965902, RB975932 e RB966923 enquadraram-se como resistentes, pois não foi identificado carvão, e entre os genótipos de ciclo médio-tardio, destacam-se RB987932, RB008347, RB925268, RB72454, RB845197, RB867515, RB845210, RB835089, RB008369. A maior incidência de carvão foi verificada no clone RB965911. Por outro lado, na safra 2010/2011 foi verificado carvão somente na variedade RB925268.

Escaldadura foi verificada nos genótipos RB966923, RB008347, RB845210, RB835089 e RB947625, na safra 2009/10. E na safra 2010/2011 foi verificada nos genótipos RB975935, RB975944, RB965911, RB987935 e RB947625. Neste sentido, o clone RB947625 foi o mais susceptível entre estes genótipos, além de ser o que apresentou a menor produtividade de TBH (Tabela 12).

A variedade RB966928 foi a única que não apresentou estrias vermelhas em todos os ambientes, em ambas as safras (Tabela 12), assim esta variedade pode ser relatada como resistente, para as condições avaliadas. Embora não se tenha caracterizado a reação desta variedade às estrias vermelhas. Em Pelotas, safra 2010/2011, foi verificada alta severidade de estrias vermelhas nos genótipos RB975944, RB965911, RB986419, RB946903, RB72454, RB867515 e RB845210.

Tabela 12 - Avaliação de doenças em genótipos de cana-de-açúcar nas safras 2009/10 e 2010/11, em diferentes locais, e análise dos caracteres graus Brix e toneladas de colmo e Brix ha⁻¹ (TCH e TBH, respectivamente).

Genótipo	ID	C	Safrá 2009/2010																CAR*	MF	...
			FER			ESC			VEV				MP								
			SJC	PEL	PXV	SLG	SJC	PEL	PXV	SLG	SJC	PEL	PXV	SLG	SJC	PEL	PXV				
Precoces																					
RB996961	G15	1								2			2		2	4		2	2		
RB966928	G9	2														2					
RB925345	G3	3								2	2		2	2	2	2		2	2		
RB975935	G11	4								2			2		2	5		2	2		
RB975944	G12	5								2	2					2		2	3		
RB935581	G4	6	2	4	2					2	2		2						2		
RB855156	G1	7								2			2		2	2					
RB965911	G7	8								2	2		2		2	5		3			
RB986419	G13	9								2	2			2	3	6	2	2	2		
RB946903	G5	10								2	2				2	5	2		2		
RB925211	G2	11								2	2		2	2	3	3			2		
RB986955	G14	12			2					2	2		2		2	3		2	2		
RB965902	G6	13								2	2		2		2	3					
RB975932	G10	14								2	2		2		2	2			2		
RB966923	G8	15	3	2	2			2		2			2			2			3		
Médios-tardios																					
RB987932	G12	1								2	2		2								
RB935744	G9	2									2		2		3	3		2	2		
RB987935	G13	3								2	2		2			2		2	2		
RB008347	G1	4					2			2	2		2		2	3			2		
RB925268	G8	5								2			2	2	3	4			2		
RB72454	G3	6								2	2		2	3	4	6	4		2		
RB845197	G5	7								2	2		2		2	3			3		
RB867515	G7	8								2	2	2	2			2	2		2		
RB845210	G6	9					2	2		2	2		2		2	4			2		
RB835089	G4	10				2			2	2	2				2	3					
RB965518	G11	11								2						2		2			
RB008369	G2	12								2	2				2	2			2		
RB947625	G10	13					2			2	2		2		3	4	3	2	3		

ID – Identificação de cada genótipo; C – classificação segundo tonelada de Brix ha⁻¹ (TBH); Doenças: Ferrugem (FER); Escaldadura (ESC); Estrias vermelhas (VEV); Mancha Parda (MP); Carvão (CAR) e Manchas Foliares (MF). Locais: Salto do Jacuí (SJC); Pelotas (PEL); Porto Xavier (PXV); São Luis Gonzaga (SLG) e Santa Rosa (SRO). As cores representam níveis de resistência (conforme tabela 9).

Continuação ...

			Safrá 2010/2011																	
Genótipo	ID	C	FER				ESC		VEV		MP		CAR*	MF	Brix	TCH	TBH			
			PEL	PXV	SJC	SRO	PXV	SJC	PEL	SJC	PEL	SRO								
Precoces																				
RB996961	G15	1							2	2	2	3			18.7	D	112.1	A	20.9	A
RB966928	G9	2									2				19.8	AB	99.6	ABC	19.7	A
RB925345	G3	3	2		2	2			2		2	2		2	19.5	ABC	100.2	AB	19.6	A B
RB975935	G11	4		4			2		2		2			2	19.9	A	97.0	ABC	19.3	A B
RB975944	G12	5						2	3	2				3	19.5	ABC	95.6	ABC	18.7	A B
RB935581	G4	6	5	3	5	4				2					18.0	E	103.4	AB	18.6	A B
RB855156	G1	7							2		2				19.5	ABC	95.2	BC	18.5	A B
RB965911	G7	8	2			2	2	2	3	2	2	2			17.6	E	103.7	AB	18.3	A B C
RB986419	G13	9							3	2	2	5		2	18.3	E	98.2	ABC	18.0	A B C
RB946903	G5	10							3			3		2	18.1	DE	97.4	ABC	17.7	A B C
RB925211	G2	11									2			2	18.9	CD	92.8	BC	17.6	A B C
RB986955	G14	12							2	2	2	3		2	18.5	CD	94.4	BC	17.5	A B C
RB965902	G6	13							2	2	2	2			18.4	D	92.4	C	17.0	A B C
RB975932	G10	14													17.3	E	96.4	ABC	16.6	B C
RB966923	G8	15	3	3	4	4				2				2	18.1	DE	83.7	C	15.1	C
Médios-tardios																				
RB987932	G12	1												2	18.5	AB	109.2	ABC	20.2	A
RB935744	G9	2										2		2	17.0	D	118.3	A	20.1	A
RB987935	G13	3					2		2			2		2	18.0	ABC	109.5	ABC	19.7	A B
RB008347	G1	4							2		2	3		2	18.9	A	103.7	BC	19.6	A B
RB925268	G8	5										3	2	2	17.3	CD	108.7	ABC	18.9	A B C
RB72454	G3	6							3	2	5	7			16.9	D	107.9	ABC	18.2	A B C
RB845197	G5	7							2		2	2		2	17.7	CD	100.6	BC	17.8	A B C
RB867515	G7	8					2		3	2	2			2	17.5	CD	101.7	BC	17.8	A B C
RB845210	G6	9							3		2	2		2	18.0	ABC	98.5	BC	17.7	A B C
RB835089	G4	10							2	2	3	3		2	17.4	CD	100.4	BC	17.5	A B C
RB965518	G11	11							2	2				2	17.1	D	97.5	C	16.7	C
RB008369	G2	12								2		2			19.2	AB	86.1	C	16.5	C
RB947625	G10	13					3		2	2	2	3		2	18.5	AB	88.9	C	16.5	C

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ($\alpha=0,05$); * Carvão somente foi verificado em Porto Xavier. As cores representam níveis de resistência (conforme tabela 9).

A ocorrência de mancha parda (*C. longipes*) foi considerada elevada, com 80% dos genótipos apresentando sintomas da doença e 30% enquadrados como suscetíveis (severidade média superior a 4,0), na safra 2009/2010 em Pelotas-RS. Alta suscetibilidade foi verificada em vários genótipos, dentre eles a variedade tardia RB72454 (nível 6,0), com provável comprometimento na produtividade (VERISSIMO et al., 2010b). Neste ambiente, os genótipos com maior susceptibilidade foram RB986419, RB72454, RB975935, RB965911, RB946903, RB996961, RB925268, RB845210 e RB947625. Nos demais ambientes, notas de severidade de moderada a alta também foram constatadas.

Na safra 2010/2011, a MP foi verificada nos ambientes de Pelotas e Santa Rosa, com elevada severidade para os genótipos RB72454 e RB986419, principalmente em Santa Rosa. Em Erechim e Caxias do Sul também foi verificada MP, entretanto as avaliações nos genótipos não foram realizadas.

Reação de genótipos de cana-de-açúcar ao estresse por frio

Na avaliação de nota geral (NG), os genótipos que receberam as menores notas foram RB925345 (G3), RB975932 (G10) e RB935581 (G4) como precoces (P) e RB935744 (G9), RB987932 (G12) e RB987935 (G13) como médio-tardio (MT) (Tabela 13). Os genótipos com as piores notas (5,0) foram RB965911 (G7) e RB947625 (G10), precoce e tardia, respectivamente.

A nota geral é uma avaliação frequentemente realizada em fases iniciais dos programas de melhoramento da cana-de-açúcar, e dá um indicativo de potencial produtivo de biomassa (TCH), resistência as doenças e tolerância a estresse (frio, seca e vento), embora não substituindo estas avaliações.

Os genótipos com as menores notas para acamamento (AC) foram RB966928, RB925345, RB975935, RB975944 e RB935581, no grupo dos precoces; e RB987932, RB935744, RB987935, RB008347 e RB925268 no grupo de ciclo médio-tardio (MT) (Tabela 13). O maior índice de acamamento foi observado no clone RB966923 (G8), com a única nota 5 em São Luis Gonzaga (SLG). Por sinal, este clone alcançou a última posição quanto à produtividade de TBH. Do mesmo modo que o clone MT RB947625, também com a última posição.

Em relação à brotação lateral (BL), observa-se que os genótipos com menor BL (menores notas) foram aqueles que apresentaram as menores notas para gema apical morta (GAM). Principalmente quando o frio for de intensidade moderada suficiente para que os genótipos expressem tal comportamento. Entretanto, quando o frio for muito severo

Tabela 13 - Comportamento de genótipos de cana-de-açúcar sob estresse por frio, em ciclo de cana planta, nos ambientes de São Luiz Gonzaga (SLG) e Salto do Jacuí (SJC), RS, safra 2010/2011.

Genótipo	ID	C	NG			AC			BL			BB			GAM		
			SLG	SJC	μ	SLG	SJC	μ	SLG	SJC	μ	SLG	SJC	μ	SLG	SJC	μ
Precoces (P)																	
RB996961	G15	1	3	3	3,0	3	2	2,5	2	1	1,5	3	1	2,0	3	2	2,5
RB966928	G9	2	3	3	3,0	2	2	2,0	1	1	1,0	2	1	1,5	2	2	2,0
RB925345	G3	3	2	3	2,5	2	2	2,0	1	1	1,0	2	2	2,0	2	1	1,5
RB975935	G11	4	4	3	3,5	4	2	3,0	2	3	2,5	3	2	2,5	1	3	2,0
RB975944	G12	5	3	5	4,0	1	2	1,5	3	1	2,0	1	1	1,0	2	2	2,0
RB935581	G4	6	2	3	2,5	2	2	2,0	1	1	1,0	3	1	2,0	1	1	1,0
RB855156*	G1	7	3	3	3,0	2	3	2,5	2	1	1,5	3	2	2,5	3	1	2,0
RB965911	G7	8	5	5	5,0	4	3	3,5	4	3	3,5	3	4	3,5	5	4	4,5
RB986419	G13	9	3	4	3,5	3	3	3,0	1	4	2,5	1	3	2,0	4	5	4,5
RB946903	G5	10	3	4	3,5	1	3	2,0	4	3	3,5	4	3	3,5	5	4	4,5
RB925211	G2	11	4	4	4,0	3	3	3,0	2	2	2,0	2	1	1,5	4	1	2,5
RB986955	G14	12	4	3	3,5	2	3	2,5	2	2	2,0	4	2	3,0	3	2	2,5
RB965902	G6	13	4	4	4,0	4	3	3,5	4	2	3,0	2	3	2,5	4	3	3,5
RB975932	G10	14	2	2	2,0	3	2	2,5	2	2	2,0	1	1	1,0	1	2	1,5
RB966923	G8	15	4	3	3,5	5	4	4,5	4	2	3,0	4	3	3,5	4	2	3,0
Média	-	-	3,3	3,5	3,4	2,7	2,6	2,7	2,3	1,9	2,1	2,5	2,0	2,3	2,9	2,3	2,6
Médio-tardio (MT)																	
RB987932	G12	1	3	3	3,0	2	2	2,0	2	3	2,5	3	2	2,5	3	2	2,5
RB935744	G9	2	2	3	2,5	2	2	2,0	1	2	1,5	2	2	2,0	1	2	1,5
RB987935	G13	3	3	2	2,5	2	2	2,0	1	2	1,5	1	1	1,0	2	1	1,5
RB008347	G1	4	3	4	3,5	2	3	2,5	2	3	2,5	2	2	2,0	1	2	1,5
RB925268	G8	5	3	4	3,5	2	2	2,0	2	3	2,5	3	3	3,0	2	3	2,5
RB72454*	G3	6	4	3	3,5	3	3	3,0	2	2	2,0	2	2	2,0	2	3	2,5
RB845197	G5	7	4	4	4,0	2	4	3,0	2	2	2,0	1	1	1,0	1	2	1,5
RB867515	G7	8	4	4	4,0	2	3	2,5	4	1	2,5	4	2	3,0	5	5	5,0
RB845210	G6	9	4	3	3,5	2	4	3,0	3	2	2,5	3	1	2,0	4	2	3,0
RB835089*	G4	10	3	3	3,0	2	3	2,5	4	1	2,5	4	1	2,5	4	1	2,5
RB965518	G11	11	4	4	4,0	2	2	2,0	5	4	4,5	5	3	4,0	5	4	4,5
RB008369	G2	12	3	4	3,5	3	2	2,5	3	4	3,5	5	4	4,5	4	4	4,0
RB947625	G10	13	5	5	5,0	3	3	3,0	4	5	4,5	3	4	3,5	5	4	4,5
Média	-	-	3,5	3,5	3,5	2,2	2,7	2,5	2,7	2,6	2,7	2,9	2,2	2,5	3,0	2,7	2,8

* Variedade padrão RB855156 (precoce), RB835089 (média) e RB72454 (tardia); ID – Identificação dos genótipos; C – Classificação; NG – Nota geral; AC – Acamamento; BL – Brotação lateral; BB – Brotação basal; GAM – Gema apical morta; μ - média dos dois ambientes.

e o genótipo suscetível, pode ocorrer a morte das gemas laterais. Como exemplo temos a variedade RB867515, que recebeu nota 1 para BL, em Salto do Jacuí (SJC), porém nota 5 para gema apical morta (GAM). Neste sentido, os dois caracteres devem ser analisados e discutidos em conjunto, especialmente quando se realiza avaliação visual de caracteres.

Entre os precoces, as variedades RB925345 e RB966928 apresentaram os melhores comportamentos quanto à tolerância ao frio, com as menores notas para GAM,

BL e BB. Assim como os clones RB935581, RB975932 e RB975935, sendo que o primeiro apresenta o inconveniente de suscetibilidade a ferrugem marrom.

Para os genótipos de ciclo médio-tardio, as notas variaram de 1 a 5, indicando boa variabilidade quanto a tolerância ao frio. Os destaques quanto a maior tolerância são para as variedades RB935744 e RB845197, e os clones RB987935, RB008347 e RB987932. Por outro lado, entre os mais suscetíveis está a variedade de ciclo médio RB867515, que é uma das mais plantadas no Brasil. Esta variedade, assim como os clones RB008369, RB965518 e RB947625 apresentaram as maiores notas para BL e GAM.

Quanto ao caractere brotação basal (BB), os genótipos de ciclo precoce RB975932, RB975944, RB966928 e RB925211 e os de ciclo médio-tardio RB987935 e RB845197 foram os que menos emitiram brotações basais até o momento da colheita. A avaliação deste caractere é importante, pois a emissão destas brotações deve ocorrer somente depois de efetuada a colheita. Caso o material emita BB, estes brotos serão perdidos e energia foi gasta desnecessariamente.

A brotação basal e lateral foram maiores em São Luis Gonzaga (SLG) do que em Salto do Jacuí (SJC), assim como os danos no meristema apical (GAM). Os experimentos no município de Salto do Jacuí, localizaram-se no entorno da represa Passo Real, e a grande massa de água desta represa pode ter influenciado na temperatura local, assim como na resposta dos genótipos quanto a tolerância ao frio.

A variedade de ciclo tardio RB935744 apresentou excelente comportamento para todos os caracteres de tolerância ao frio avaliados, do mesmo modo que os clones RB987935 e RB008347. Estes materiais, aliado ao clone RB987932, formam o grupo dos quatro genótipos de ciclo médio-tardio mais produtivos (TBH).

Os genótipos tardios são aqueles colhidos no final da safra (a partir de agosto). Para a Região Sul, os materiais de ciclo tardio, assim como as variedades de PUI longo, devem, acima de tudo, ter boa tolerância ao frio, pois serão estes que enfrentarão por mais tempo as baixas temperaturas. Neste sentido, maior atenção deve ser dada na seleção destes grupos de variedades, tanto por parte dos produtores, quanto pelos programas de melhoramento.

5.4 Conclusões

A combinação de genótipos de ciclos de maturação precoce, médio e tardio testados permite um longo período de utilização pela indústria.

O conjunto de genótipos testados não apresenta limitações quanto à suscetibilidade a doenças para cultivo no Rio Grande do Sul.

Os genótipos avaliados apresentam níveis diferenciados de tolerância ao frio no final de ciclo.

6 Discussão Geral

Os genótipos de cana-de-açúcar de ciclo precoce, médio e tardio apresentam interação com os ambientes de cultivo para todas as características avaliadas, tal comportamento, indica que a recomendação de variedades para o Rio Grande do Sul deve ser regionalizada, visando obter-se o melhor desempenho agrônomo do genótipo. Como a expansão da cultura no Estado está no início, é importante que o zoneamento leve em consideração a regionalização de variedades.

Uma característica muito importante para o setor sucroalcooleiro é o período de utilização da indústria, o qual deve ser o mais longo possível evitando a ociosidade das instalações. Neste sentido, o manejo varietal é de fundamental importância. No trabalho realizado foi verificado que, para as condições do Rio Grande do Sul, há genótipos de ciclos precoce, médio e tardio, que combinados e bem manejados permitem um longo período de utilização pela indústria.

O comportamento dos genótipos avaliados em relação às doenças foi bom, sendo a mancha parda, a que apresenta maior ocorrência com alta severidade para alguns genótipos em determinados ambientes. Porém, a maioria dos genótipos apresentou boa resistência, não sendo esta doença uma limitação para o cultivo.

O frio, considerado por muitos, como o fator climático limitante para a produção de cana-de-açúcar no Rio Grande do Sul, não afetou os experimentos nos municípios que estão dentro do Zoneamento. Os locais mais afetados foram Caxias de Sul e Erechim, municípios não inclusos no zoneamento. Um conjunto de genótipos que se destacaram quanto à tolerância ao frio foi: RB925345, RB966928, RB935581, RB975932 e RB975935 de ciclo precoce; e para ciclo médio-tardio apresentaram desempenho os genótipos RB935744, RB845197, RB987935, RB008347 e RB987932.

7 Conclusão Geral

O desempenho agrônomo dos genótipos avaliados permite indicar para o Rio Grande do Sul um conjunto de genótipos que apresentam estabilidade e adaptabilidade produtiva, qualidade e tolerância aos principais estresses bióticos e abióticos.

8 Referências

- ALLARD, R.W. Principles of Plant Breeding.1960. BLUMENSCHNEIN, A.; PATERNIANI, E.; GURGEL, J. T. A; VENCovsky, R. (Trad.). **Princípios do melhoramento genético das plantas**. Rio de Janeiro: USAID, 1971. 380p.
- ALMEIDA, I. R. de.; SILVA, S. D. dos A. e.; STEINMETZ, S. Aspectos gerais e específicos do zoneamento agroclimático para a cultura da cana-de-açúcar no estado do Rio Grande do Sul. In: SIMPÓSIO ESTADUAL DE AGROENERGIA, 2.; REUNIÃO TÉCNICA ANUAL DE AGROENERGIA, 2., 2008, Porto Alegre. Anais... Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2008. 1 CD-ROM.
- AMORIM, L., BERGAMIN FILHO, A., SANGUINO, A., ARDOSO, C.O.N., MORAES, V.A., FERNANDES, C.R. Metodologia de avaliação de ferrugem da cana-de-açúcar (*Puccinia melanocephala*). Boletim Técnico Copersucar 39:13-16. 1987.
- ANP – Agência Nacional do Petróleo. Anuário Estatístico Brasileiro de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis de 2010. Disponível em: <http://www.anp.gov.br/?pg=31286#Se_o_4>. Acesso em: 21 dez. 2011.
- BAJPAI, P.K.; KUMAR, R. Comparison of methods for studying genotype x environment interaction in sugarcane. **Sugar Tech**, v.7, p.129-135. 2005.
- BASTOS, I.T. et al. Avaliação da interação genótipo x ambiente em cana-de-açúcar via modelos mistos. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 37, p.195-203, 2007.
- BRASIL, Ministério de Minas e Energia, Empresa de Pesquisa Energética Plano Decenal de Expansão de Energia 2019 / Ministério de Minas e Energia. Empresa de Pesquisa Energética. Brasília: MME/EPE, v.2. 2010.
- BRINHOLI, O. **Resistência ao frio de diferentes variedades de cana-de-açúcar** (*Saccharum spp.*). 1972. 92f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agronomia Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1972.
- CÂMARA, G.M.S. Ecofisiologia da cana de açúcar: **Produção de cana de açúcar**. Piracicaba: Esalq, 1993. 242 p.
- CESNIK, R., BASSINELLO, A.I., OLIVEIRA, F.F.S. Frost resistance of sugarcane clones and varieties. A study of some progenies. **Proc. Int. Soc. Sugar Cane Technol.**, v.16, p. 305–14, 1978.

- CHAVES, L.J. Interação de genótipos com ambientes. In: NASS, L.L.; VALOIS, A.C.C.; MELO, I.S.; VALADARES-INGLIS, M.C. (eds.) Recursos genéticos e melhoramento – Planta. Rondonópolis: Fundação MT, 2001. p.673-713.
- COCHRAN, W. G. The combination of estimates from different experiments. **Biometrics**, Washington, v. 10, p. 101-129, 1954.
- CONAB, Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento de safra brasileira: cana-de-açúcar, terceiro levantamento, jan./2011. Brasília: **CONAB**. 19p. 2011.
- CROSSA, J.; FOX, P. N.; PFEIFFER, W. H.; RAJARAM, S.; GAUCH, H. G. AMMI adjustment for statistical analysis of an international wheat yield trial. **Theoretical and Applied Genetics**, Berlin, v. 81, p. 27-37, 1991.
- CRUZ, C.D.; CARNEIRO, P.C.S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Ed. UFV, 585 p., Viçosa, 2003.
- D'HONT, A., et al. Sugarcane: A Major Source of Sweetness, Alcohol, and Bio-energy. Genomics of tropical crop plants. **Springer**. 2008, p. 483-513.
- DAROS, E.; ZAMBON, J.L.C.; BESPALHOK FILHO, J. C.; OLIVEIRA, R. A.; RUARO, L.; WEBER, H. RB966928 - early maturing sugarcane cultivar. **Crop Breeding and Applied Biotechnology** (Impresso), v. 10, p. 278-282, 2010.
- DUARTE, J. B.; VENCOVSKY, R. **Interação genótipos x ambientes**: uma introdução à análise AMMI. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética, 1999. 60 p. (Série Monográfica, 9).
- EDME, S.J., GLAZ, B.S. An assessment of cold/freezing tolerance in sugarcane. **American Society of Sugar Cane Technologists**. v.29, p. 86, 2009.
- EMBRAPA. 2011. Disponível em: <http://www.cnps.embrapa.br/zoneamento_cana_de_acucar/>. Acesso em: 20 dez. 2011.
- FERNANDES, A.C. Autorização da colheita da cana-de-açúcar. In : SEMANA DE FERMENTAÇÃO ALCOOLICA' JAIME ROCHA DE ALMEIDA', 4,1985, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, 1985. p.12-21.
- FERNANDES, A.C. **Refratômetro de campo**. Boletim Técnico Coopersucar, Piracicaba, v.19, p.5-12, 1982.
- FERNANDES, A.J. **Manual da Cana-de-Açúcar**. Piracicaba: Livro Ceres, 1984. 196p.

- FERNANDES, A.C. **Cálculos na agroindústria da cana-de-açúcar**. 2.ed. Piracicaba: STAB, 2003. 240p.
- FERRARI, J. et al. **Ferrugem alaranjada da cana-de-açúcar**. Documento Técnico 005. Instituto Biológico, abril de 2010. p. 1-8. Disponível em: <<http://www.biologicalo.sp.gov.br>>
- FLOSS, E. L. **Fisiologia das plantas cultivadas**: o estudo que está por trás do que se vê. Passo Fundo: UPF, 2004. 536p.
- GABRIEL, K. R. The biplot graphic of matrices with application to principal component analysis. **Biometrika**, London, v. 58, n. 3, p. 453-467, 1971.
- GAUCH, H.G.; ZOBEL, R.W. Optimal replication in selection experiments. **Crop Science**, v.36, p.838-843, 1996.
- GRANDESPE. Disponível em: <<http://www.grandespe.com.br>>. Acesso em: 20 dez. 2011.
- GUERRA, E.P; OLIVEIRA, R.A.; DAROS, E.; ZAMBON, J.L.C.; IDO, O.T.; BESPALHOK FILHO, J.C. Stability and adaptability of early maturing sugarcane clones by AMMI analysis. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v.9, p.260-267, 2009.
- GUERRA, E.P. **Avaliação da adaptabilidade e estabilidade de clones precoces de cana-de-açúcar** (*Saccharum* spp.). 132 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, 2010.
- HALE, A.L., VIATOR, R.P., TEW, T.L., VEREMIS, J.C., BURNER, D.M. Breeding sugarcane for temperate and cold environments. International Society of Sugar **Cane Technologists 10th Germplasm and Breeding/7th Molecular Biology Workshop**, May 15 - 20, 2011. Maceio, Brazil. 2011.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Banco de Dados Agregados, Sistema IBGE de Recuperação Automática – SIDRA. 2010. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/protabl.asp?c=1612&z=t&o=1&i=P>> e <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/lspa_200902_4.shtm>. Acesso em: 20 dez. 2011.
- KUIAWINSKI, D. L. **Limites e possibilidades de desenvolvimento da cadeia produtiva do álcool: um estudo de caso no Rio Grande do Sul**. 2008. 184 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção e Sistemas) - Universidade do Vale do Rio dos Sinos, São Leopoldo, 2008.

- KUINCHTNER, A.; BURIOL, G.A. Clima do Estado do Rio Grande do Sul segundo a classificação climática de Köppen e Thornthwaite. **Disciplinarum Scientia**, v.2, p.171-182, 2001.
- LAVORENTI, N.A.; MATSUOKA, S. Combinação de métodos paramétricos e não-paramétricos na análise de estabilidade de cultivares de cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.36, p.653-658, 2001.
- LEGENDRE, B., TEW, T., HALE, A., BIRKETT, H., EGGLESTON, G., DUET, M., STEIN, J. Stalk cold tolerance of commercial and candidate varieties during the 2010-2011 harvest season. **Journal American Society of Sugar Cane Technologists**, v. 31, 2011.
- LIN, C. S; BINNS, M. R. A superiority measure of cultivar performance for cultivar x location data. **Canadian Journal of Plant Science**, v. 68, p. 193-198, 1988.
- MALUF, J.R.T.; WESTPHALEN, S.L.; MATZENAUER, R.; MALUF, D.E. **Zoneamento agroclimático atualizado para a cultura da cana-de-açúcar no Estado do Rio Grande do Sul, visando à produção de açúcar e álcool**. Porto Alegre: FEPAGRO, 2008. 78p. (FEPAGRO. Boletim técnico, 18).
- MATSUOKA, S.; GARCIA, A.A.F.; ARIZONO, H. **Melhoramento da cana-de-açúcar**. In: BORÉM, A. (Org.). Melhoramento de espécies cultivadas. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2005. p.225-274.
- MELO, L.C.; MELO, P.G.S.; FARIA, L.C.; DIAZ, J.L.C.; PELOSO, M.J.D.; RAVA, C.A.; COSTA, J.G.C. Interação com ambientes e estabilidade de genótipos de feijoeiro-comum 50 na Região Centro-Sul do Brasil. Brasília, **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, p.715-723. 2007.
- MORAIS, L.K.; PINHEIRO, J.B.; MOURA, M.F.; AGUIAR, A.V.; DUARTE, J.B.; CARBONELL, S.A.M.; ZUCCHI, M.I.; MOURA, N.F. Estabilidade e adaptabilidade de cultivares de soja em diferentes épocas de semeadura utilizando a metodologia AMMI. **Bioscience Journal**, v.19, p.7-14. 2003.
- OLIVEIRA, B.A.; DUARTE, J.B.; PINHEIRO, J.B. Emprego da análise AMMI na avaliação da estabilidade produtiva em soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.38, p.357-364. 2003.
- OLIVEIRA, R.A., M.D.V. RESENDE, E. DAROS, J.C. BESPALHOK FILHO, J.L. ZAMBON, O. IDO, & H. KOEHLER. Genotypic evaluation and selection of sugarcane clones in

- three environments in the state of Paraná. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v.5, p.426-434. 2005.
- PACHECO, R. M.; DUARTE, J. B.; VENCOVSKY, R.; PINHEIRO, J. B.; OLIVEIRA, A. B. Use of supplementary genotypes in AMMI analysis. **Theoretical Applied Genetics**, Stuttgart, v. 110, p. 812-818, 2005.
- PEREIRA, A.S.; COSTA, D.M. Análise de estabilidade de produção de genótipos de batata no Rio Grande do Sul. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.33, n.4, p.405-409, 1998.
- PEREIRA, L. L.; SEGATO S. V. Colheita da cana de açúcar: corte manual. **Atualização em produção de cana-de-açúcar**. Piracicaba: Esalq/Usp, 2006. 415 p.
- PIEPHO, H.P. Robustness of statistical test for multiplicative terms in the additive main effects and multiplicative interaction model for cultivar trial. **Theoretical Applied of Genetics**, v.90, p.438-443, 1995.
- PORTO, G. Matéria de Jornal Assinada. Geada atinge canaviais e deve prejudicar safra. **Jornal Estadão**, Riberão Preto. 10 de ago. 2011, Disponível em: <<http://www.estadao.com.br/noticias/impresso,geada-atinge-canaviais-e-deve-prejudicar-safra,756341,0.htm>>. Acessado em: 13 set. 2011.
- RAIZER, A.J.; VENCOVSKY, R. Estabilidade fenotípica de novas variedades de cana-de-açúcar para o estado de São Paulo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.34, n.12, p.2241-2246, 1999.
- RAMALHO, M. A. P.; FERREIRA, D. F.; OLIVEIRA, A. C. **Experimentação em genética e melhoramento de plantas**. Lavras: Ufla, 2000. 326 p.
- RIO GRANDE DO SUL. **Atlas socioeconômico Rio Grande do Sul**. Disponível em: <<http://www.scp.rs.gov.br/>>. Acesso em: 20 dez. 2010.
- ROSSE, L.N.; VENCOVSKY, R.; FERREIRA, A. Comparação de métodos de regressão para avaliar a estabilidade fenotípica em cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.37, p.25-32, 2002.
- SANGUINO, A. Situação atual da pesquisa em doenças da cana-de-açúcar. **Summa Phytopathol.**, v.24, n.1, p.90-91, 1998.

- SANGUINO, A.. (II Reunião Técnica sobre Cana-de-Açúcar, Maringá). Comunicação Pessoal, 2007. Disponível em: <www.jornalparana.com.br/materia/ver_edicao.php?id=1507&tipo=84>
- SANTOS, J. M. dos. **Caracterização fisiológica e influência da época de plantio no florescimento de cultivares de cana-de-açúcar**. 2007. 80f. Dissertação (Mestrado em Agronomia, Produção vegetal) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2007.
- SANTOS, A. S. dos. **Doenças causadas por fungos e bactérias em cana-de-açúcar**. Instituto Biológico: Campinas, 2008.
- SAS Institute Inc. **SAS/STAT® 9.2 User's Guide**, Second Edition. Cary, NC: SAS Institute Inc. 2009.7869p.
- SEAPPA-RS. SECRETARIA DA AGRICULTURA, PECUÁRIA, PESCA E AGRONEGÓCIO DO RIO GRANDE DO SUL. 2009. Disponível em: <www.saa.rs.gov.br/uploads/1270059957Cana___de_acucar.pdf>. Acesso em: 20 dez. 2011.
- SEPLAG. **Atlas socioeconômico Rio Grande do Sul**. Disponível em: <<http://www.scp.rs.gov.br/atlas>>. Acesso em: 20 dez. 2011.
- SILVA, S. D. dos A. et al. Ensaio de variedades de cana-de-açúcar Pelotas/RS, safra 2007/08. In: SIMPÓSIO ESTADUAL DE AGROENERGIA; REUNIÃO TÉCNICA ANUAL DE AGROENERGIA-RS, 2008, 2. Porto Alegre. **Anais...** Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2008. 1 CD-ROM.
- SILVA, S. D. dos A. e; VERISSIMO, M. A. A.; EICHOLZ, E. D.; DAROS, E.; BESPALHOK FILHO, J. C.; OLIVEIRA, R. A. de. Avaliação de genótipos de cana-de-açúcar no Rio Grande do Sul, ciclo de cana planta, safra 2008/2009. In: SIMPÓSIO ESTADUAL DE AGROENERGIA, 3.; REUNIÃO TÉCNICA ANUAL DE AGROENERGIA, 3., Pelotas, 2010. **Anais...** Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2010. 1 CD-ROM.
- SILVEIRA, L. C. I. **Adaptabilidade e estabilidade de clones de cana-de-açúcar no Estado de Minas Gerais**. 2011. 60 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba.
- SOARES, F. U., FILIPPINI-ALBA, J. M., COSTA, F. A. **Diagnóstico da situação canavieira no Estado do Rio Grande do Sul, com auxílio de sistema de informação geográfica**. In: FILIPPINI ALBA, J. M. (Org.). Trabalhos acadêmicos de geoprocessamento desenvolvidos no Laboratório de Planejamento Ambiental em

2007. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2007. 66 p. (Embrapa Clima Temperado. Documentos, 219). Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/33981/1/documento-219.pdf>>. Acesso em: 20 dez. 2010.
- SOARES, F. U. **Estudo do potencial climático para cana-de-açúcar (*Sacharum spp.*) no Rio Grande do Sul por meio de Geoprocessamento**: Estudo de caso no município de Jaguari. 2008. Dissertação (Mestrado em Programa de Pós-Graduação em Geomática) - Universidade Federal de Santa Maria, 2008.
- SOUZA, A.A.; FREIRE, E.C.; BRUNO, R.L.A.; CARVALHO, L.P.; PEREIRA, W.E. Estabilidade e Adaptabilidade do algodoeiro herbáceo produzido no cerrado do Mato Grosso e do Mato Grosso do Sul. In: V Congresso Brasileiro de Algodão. Salvador – BA. **Anais...** V Congresso Brasileiro de Algodão. 6p. 2005.
- SZMRECSÁNYI, T. **Efeitos e Desafios das Novas Tecnologias na Agroindústria Canavieira**. In Agroindústria Canavieira no Brasil – Evolução, Desenvolvimento e Desafios. São Paulo: Atlas, 2002.
- TAI, P.Y.P., LENTINI, R.S. Freeze damage of Florida sugarcane. In: Anderson, D.L. (Ed.): **Sugarcane Handbook**. Florida Cooperative Extension, 1998.
- UNICA, **União da Indústria de Cana-de-Açúcar**. 2009, Disponível em: <<http://www.unica.com.br>> Acesso em: 28 abril. 2009.
- VAN HEERDEN, P.D.R. et al. Rapid bulking and testing of cold tolerant varieties imported from louisiana. **Proc S Afr Sug Technol Ass.** v.82, p.422-426, 2009.
- VERISSIMO, M. A. A.; SILVA, S. D. dos A. e; STÄHELIN, D. S.; SCHNEIDER, F. C.; AIRES, R. F. Comportamento dos parâmetros de crescimento de variedades de cana-de-açúcar em ciclo de cana planta, Pelotas, RS. In: CBMP, 5., 2009, Guarapari. **Anais**. Vitória: Incaper, 2009. 1 CD-ROM.
- VERISSIMO, M. A. A.; UENO, B.; SILVA, S. D. dos A. e; EICHOLZ, E. D.; ÁVILA, D. T. de. Incidência de doenças em genótipos de cana-de-açúcar no estado do rio grande do sul, safra 2009/2010. In: SIMPÓSIO ESTADUAL DE AGROENERGIA, 3.; REUNIÃO TÉCNICA ANUAL DE AGROENERGIA, 3.; REUNIÃO TÉCNICA DA MANDIOCA, 10.; REUNIÃO TÉCNICA DA BATATA-DOCE, 2., Pelotas, 2010. **Anais...** Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2010. 1 CD-ROM.

- WEAICH, K., LUDLOW, M. M., NIELSEN, P. J. Identification of traits and germplasm to improve sugarcane resistance to frost damage. **Proc. of the Australian Society of Sugar Cane Technologists**, Conference, p. 256-260.1993.
- XIN, Z.; BROWSE, J. Cold comfort farm: the acclimation of plants to freezing temperatures. **Plant Cell and Environment**. v. 23, n. 9, p.893-902, 2000.
- YAN, W.; KANG, M.S. **GGE Biplot analysis: a graphical tool for breeders, geneticists, and agronomists**. 1.ed. Boca Raton: CRC Press LLC, 2003. 288p.
- ZAMBON, J. L. C.; DAROS, E. **Manual de experimentação para a condução de experimentos** 3. aprox., Curitiba:UFPR, 2005. 49 p.
- ZENI-NETO, H.; DAROS, E.; ZAMBON, J. L. C.; BESPALHOK FILHO, J.C.; OLIVEIRA, R.A.; WEBER, H. Adaptabilidade e Estabilidade Fenotípica de Clones Precoces de Cana-de-açúcar no Estado do Paraná. **Scientia Agraria**, v.9, p.283-289, 2008.
- ZOBEL, R.W.; WRIGHT, M.J.; GAUCH, H.G. Statistical analysis of a yield trial. **Agronomy Journal**, v.80, p.388-393, 1988.