

# INFLUÊNCIA DE VARIÁVEIS AMBIENTAIS SOBRE A INTERAÇÃO GENÓTIPOS X AMBIENTES EM MELOEIRO<sup>1</sup>

GLAUBER HENRIQUE DE SOUSA NUNES<sup>2</sup>, ROMEU DE CARVALHO ANDRADE NETO<sup>3</sup>,  
JOSÉ HAMILTON DA COSTA FILHO<sup>4</sup>, STEFESON BEZERRA DE MELO<sup>5</sup>

**RESUMO** - O objetivo do trabalho foi quantificar a influência de variáveis ambientais sobre a interação genótipos x ambientes em meloeiro. Foram utilizados dados de produtividade de oito híbridos de melão Cantaloupe testados em nove ambientes no Estado do Rio Grande do Norte. Para a identificação das variáveis ambientais relacionadas à interação G x A e sensibilidade dos híbridos, estimaram-se modelos de regressão fatorial, coeficiente de correlação de Spearman entre os escores dos componentes principais da análise AMMI e as médias das variáveis ambientais. As temperaturas média, máxima e mínima são as que mais influenciam na interação genótipos x ambientes em meloeiro para a produtividade.

**Termos para indexação:** *Cucumis melo*, regressão fatorial, análise AMMI.

## INFLUENCE OF ENVIRONMENTAL VARIABLES ON GENOTYPE BY ENVIRONMENT INTERACTION IN MELON

**ABSTRACT** - The objective of this study was quantify the influence of some environmental variables on genotype by environment interaction (G x E) in melon. It was utilized yield data of eight hybrids of cantaloupe melon evaluated in nine environments in the state of Rio Grande do Norte, Brazil. Aiming to identify environmental variables related with G x E interaction and quantify genotypic sensibility of hybrids were estimated factorial regression models and Spearman correlation coefficient between scores of principal components of AMMI analysis and the environment variable averages. The medium temperature, maximum temperature and minimum temperature were the variables that most influence on G x E interaction in melon to yield.

**Index terms:** *Cucumis melo*, factorial regression, AMMI analysis.

## INTRODUÇÃO

Devido às diferentes condições de ambiente em que os híbridos de melão são avaliados no Rio Grande do Norte, espera-se que ocorra acentuada interação genótipos x ambientes e que a mesma tenha papel importante na manifestação fenotípica. A interação G x A é decorrente do comportamento diferencial dos genótipos nos diferentes ambientes, podendo indicar que as melhores cultivares em um ambiente podem não sê-lo em outro (NUNES et al., 2006).

Para entender a interação G x A em um programa de melhoramento, é requerido conhecimento sobre os fatores ambientais que determinam o comportamento diferenciado dos genótipos. A possibilidade de explorar a interação G x A depende do entendimento das características relacionadas à expressão da interação, dos genótipos e das variáveis

ambientais. Quando informações genotípicas e/ou ambientais estão disponíveis, é possível avaliar seus efeitos sobre a interação (GAUCH, 2006).

As variáveis ambientais podem ser qualitativas ou quantitativas. Entre as qualitativas, estão tipo de solo, nível de tecnologia e região geográfica. Entre as quantitativas, podem ser citadas altitude, temperatura, umidade relativa do ar, precipitação pluviométrica e radiação solar. As variáveis ambientais têm sido utilizadas para explicar a interação G x A em várias culturas, como sorgo (SAEED; FRANCIS, 1984), milho (RAMASAMY et al., 1996), trigo (BRANCOURT-HULMEL; LECOMTE, 2003; VOLTAS et al., 2005) e soja (OLIVEIRA et al., 2006).

Nos referidos trabalhos, as variáveis ambientais são consideradas como covariáveis. É aplicada a regressão fatorial por quadrados mínimos ordinários e estima-se a contribuição de cada

<sup>1</sup>(Trabalho 044-11). Recebido em: 06-01-2011. Aceito para publicação em: 08-07-2011.

<sup>2</sup>Eng. Agr., D.Sc., Professor Associado I do Dept. de Ciências Vegetais, Ufersa. CEP: 59.625-900, Mossoró-RN. Bolsista Produtividade do CNPq. E-mail: glauber@ufersa.edu.br

<sup>3</sup>Eng. Agr., D.Sc. Professor do Instituto Federal do Acre, IFAC. CEP 69914-610, Rio Branco-AC. E-mail: romeu.neto@ifac.br

<sup>4</sup>Eng. Agr. Mestrando em Fitotecnia, Ufersa. CEP: 59.625-900, Mossoró-RN. Bolsista de Mestrado da CAPES. E-mail: hamilton\_costa@yahoo.com.br

<sup>5</sup>Eng. Agr. Professor, Ufersa. CEP: 59.625-900, Mossoró-RN. E-mail: stefeson@ufersa.edu.br

característica para a interação. Outra maneira de estudar a contribuição das variáveis ambientais é pela análise de efeitos aditivos principais e interação multiplicativa (AMMI). Nesta técnica, apenas os padrões realmente relacionados à interação são capturados nos primeiros componentes principais, permitindo estimativas mais precisas (DUARTE; VENCOVSKY, 1999).

Na cultura do melão, os estudos envolvendo interação G x A ainda são escassos (ARAÚJO NETO et al., 2003; NUNES et al., 2006; FREITAS et al., 2007). Não há estudos que informem a contribuição de variáveis ambientais sobre a interação. Assim sendo, o presente trabalho propõe-se a quantificar a influência de seis variáveis ambientais sobre a interação G x A, visando ao maior entendimento desse importante fenômeno no contexto de um programa de melhoramento genético do meloeiro.

## MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizados os dados de produtividade de frutos ( $t\ ha^{-1}$ ) de ensaios de avaliação de híbridos de melão Cantaloupe, em três municípios do Agropolo Mossoró-Assu, entre os meses de setembro e novembro, durante os anos de 2004, 2005 e 2006, totalizando nove ambientes.

Foram avaliados os seguintes híbridos: Hy Mark, Torreon, HC-02, HC-12, HC-18, HC-45, HC-48 e HC-87. Todos são de expressão sexual adromonoica, polpa salmão e casca de coloração verde em frutos maduros (Estádio IV) e rendimento intenso.

Todos os experimentos foram conduzidos em delineamento em blocos casualizados, com três repetições, sendo a parcela constituída por duas linhas de cinco metros, com o espaçamento da cultura de 2,0 x 0,5 m. Na condução dos experimentos, foram adotadas todas as práticas de manejo e tratamentos culturais usuais para a cultura no Estado do Rio Grande do Norte (NUNES et al., 2004).

O Agropolo Mossoró-Assu está inserido em uma região climática homogênea. Os municípios nos quais foram realizados os experimentos foram: Mossoró ( $5^{\circ} 11' 00'' S$   $37^{\circ} 20' 00'' W$ , altitude 18 m), Baraúna ( $5^{\circ} 04' 48'' S$ ,  $37^{\circ} 37' 00'' W$ , altitude 94 m), Assu ( $5^{\circ} 34' 36'' S$ ,  $36^{\circ} 54' 3'' W$ , altitude 27 m). Todos os municípios têm o clima da região de acordo com a classificação de Köppen, do tipo BSw<sup>h</sup>, quente e seco; com precipitação pluviométrica média anual de 673,9 mm; temperatura e umidade relativa do ar média de 27°C e 68,9%, respectivamente. As estações meteorológicas estavam instaladas nos locais dos experimentos. As variáveis ambientais utilizadas no presente trabalho foram: temperatura

média, temperatura máxima média, temperatura mínima média, umidade relativa do ar, insolação e precipitação. As medidas foram obtidas nas estações meteorológicas da Universidade Federal Rural do Semiárido (UFERSA) e da Empresa Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte (EMPARN).

Para avaliar os efeitos específicos das covariáveis ambientais sobre a interação G x A, foram realizadas análises sucessivas de regressão linear múltipla com seleção "stepwise". Em cada análise, a soma de quadrados da interação G x A com  $DF_{GE} = (g - 1)(a - 1)$  graus de liberdade (g: número de genótipos e a: número de ambientes) foi dividida em: i) efeito linear associado à covariável ambiental com g - 1 grau de liberdade (g: número de genótipos), e ii) desvio da regressão linear com graus de liberdade igual a  $DF_{GE} - (g - 1)$ . Os dados das covariáveis ambientais foram sucessivamente incluídos no seguinte modelo de regressão: , em que:

$$Y_{ij} = \mu + g_i + a_j + \beta_1 z_j + (ga)_{ij} + \varepsilon_{ij}, \text{ em que:}$$

$Y_{ij}$ : média da característica avaliada do híbrido i no local j;  $\mu$ : constante associada a todas as observações (intercepto);  $g_i$ : efeito do híbrido i;  $a_j$ : efeito do ambiente j;  $\beta_1$ : coeficiente de regressão que mede a resposta da interação entre o híbrido e a covariável ambiental  $z_j$ ;  $(ga)_{ij}$ : efeito residual da interação clássica;  $\varepsilon_{ij}$ : erro médio da análise conjunta, sendo  $\varepsilon_{ij} \cap NID(0, \sigma^2)$ .

Neste modelo, a interação do genótipo i com o ambiente j,  $(ga)_{ij}$ , tradicionalmente obtida na análise conjunta, contém a soma  $\beta_1 z_j + (ga)_{ij}$ . O primeiro termo está relacionado com o efeito linear ( $\beta_1$ ) da covariável ambiental Z sobre a interação  $(ga)_{ij}$ , enquanto o segundo representa o resíduo relacionado a outros fatores ambientais não incluídos no modelo (OLIVEIRA et al., 2006).

As estimativas de  $\beta_1$  foram obtidas assumindo cada linha da matriz da interação G x A como variável dependente e os respectivos valores da covariável ambiental Z como independente. Inicialmente, as estimativas  $(ga)_{ij}$  foram obtidas tradicionalmente pelo método dos mínimos quadrados ordinários:

$$(\hat{ga})_{ij} = Y_{ij} - \bar{Y}_i - \bar{Y}_j + \bar{Y}_{..}, \text{ em que: } \bar{Y}_i, \bar{Y}_j \text{ e } \bar{Y}_{..}$$

são, respectivamente, as médias do genótipo i, do ambiente j e geral. O estimador de  $\beta_1$  é igual  $\beta_1 = \sum_j (\hat{ga})_{ij} z_j / \sum_j z_j^2$  com,  $z_j = z_j - \hat{z}$  em que  $\hat{z}$ : é a média dos valores de  $Z_j$ . A soma de quadrados associada à regressão de  $(\hat{ga})_{ij}$  sobre a covariável ambiental Z foi obtida pela seguinte expressão:

$$SQ_z = \sum_j (\hat{ga})_{ij} z_j^2 / \sum_j z_j^2. \text{ Para realizar as análises}$$

de regressão fatorial, foi utilizado um programa analisado pelo PROC MIXED do SAS.

O mesmo modelo de regressão foi aplicado, sendo as estimativas da interação G x A obtidas pela análise AMMI [ $(\hat{g}\hat{a})_{ij-AMMI}$ ] como variável dependente. As estimativas [ $(\hat{g}\hat{a})_{ij-AMMI}$ ] foram obtidas a partir dos escores do primeiro componente principal da interação G x A.

Para realizar a análise estatística AMMI (Modelo de efeitos principais Aditivos e Interação Multiplicativa), foi utilizado o seguinte modelo, conforme Duarte e Vencovsky (1999), considerando os efeitos de genótipos e ambientes como fixos: ,

$$Y_{ij} = \mu + g_i + a_j + \sum_{k=1}^n \lambda_k \lambda_{ik} \alpha_{jk} + \rho_{ij} + \varepsilon_{ij}$$

em que:  $Y_{ij}$ : média do híbrido i no ambiente j;  $\mu$ : média geral;  $g_i$ : efeitos do híbrido i;  $a_j$ : efeitos do ambiente j;  $\lambda_k$ : valor singular k da matriz da interação G x A;  $\lambda_{ik}$ : valores singulares k correspondentes ao genótipo i;  $\alpha_{jk}$ : valores singulares k correspondente ao ambiente j;  $\rho_{ij}$ : resíduo da interação G x A;  $\varepsilon_{ij}$ : erro experimental médio; : número de componentes principais retidos no modelo. A seleção do modelo AMMI (número de eixos) baseou-se no teste F de Gollob e de Cornelius, a 1% de probabilidade (OLIVEIRA et al., 2006). A análise AMMI foi processada no programa SAS, conforme programa elaborado por Duarte e Vencovsky (1999).

O coeficiente de correlação de Spearman foi utilizado para quantificar a associação entre os escores ambientais obtidos na análise AMMI e as médias das variáveis ambientais. A estimação do coeficiente de correlação de Spearman foi processada pelo PROC CORR do SAS.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na análise de regressão fatorial por quadrados mínimos ordinários, as covariáveis ambientais que mais contribuíram para a interação híbridos x ambientes foram as temperaturas mínima e média, com, respectivamente, 29,63 e 29,25%, seguidas da temperatura máxima, com 27,25% (Tabela 1).

A regressão fatorial permite quantificar a contribuição de cada covariável (variável ambiental) para a interação G x A. Essa técnica tem sido utilizada com sucesso em culturas como o sorgo (SAEED; FRANCIS, 1984), milho (RAMASAMY et al., 1996), trigo (BRANCOURT-HULMEL; LECOMTE, 2003; VOLTAS et al., 2005) e soja (OLIVEIRA et al., 2006).

Verificou-se que as variáveis ambientais, mesmo que em pequena proporção, captaram ou

explicaram uma parcela da interação G x A. Em trabalhos utilizando a regressão fatorial, observou-se maior explicação da interação G x A para determinadas variáveis ambientais (RAMASAMY et al., 1996; BRANCOURT-HULMEL; LECOMTE, 2003; VOLTAS et al., 2005). Oliveira et al. (2006) verificaram que a altitude pode explicar até 57% da interação em soja. Considerando que cada espécie tem uma determinada resposta frente ao ambiente no qual está inserida, além do fato de que, dentro de cada espécie, as cultivares respondem de forma distinta aos estímulos causados por diferentes covariáveis ambientais, são esperados resultados diferentes entre manuscritos publicados na literatura.

Uma possível explicação para os resultados obtidos é o fato de que os municípios envolvidos na análise de regressão fatorial compreendem uma área homogênea do ponto de vista climático (MELO, 2009), tendo como consequência pouca variação nas covariáveis ambientais. Além disso, deve ser ressaltado, existem outras variáveis climáticas envolvidas na interação e, sobretudo, variáveis relacionadas aos próprios locais de avaliação que certamente são responsáveis pela presença da interação G x A. A inclusão de novas variáveis, como, por exemplo, aquelas relacionadas ao solo, deve ser considerada em estudos posteriores. Outro fato que necessita ser estudado são as diferenças de manejo da cultura, uma vez que é notória, na cultura do meloeiro, a grande diversidade na forma como é conduzida a cultura entre as fazendas. Um desafio nesse sentido é incluir as informações de diferentes manejos da cultura em modelos de regressão fatorial. Outra dificuldade adicional é a resistência, por parte de alguns produtores, em fornecer informações sobre as práticas de adubações em suas propriedades.

A regressão fatorial permite também a estimação da sensibilidade de cada genótipo a cada uma das covariáveis ambientais. A sensibilidade genotípica, medida pelo coeficiente de regressão fatorial, expressa, de forma positiva ou negativa, a mudança na produtividade face à mudança de uma unidade nas covariáveis avaliadas. Em outras palavras, o efeito particular de cada uma das covariáveis ambientais sobre cada híbrido pode ser verificado pela magnitude e sinal do coeficiente de regressão fatorial do genótipo. Verificou-se que os híbridos possuíram respostas diferentes, mesmo que em proporções diferentes (Tabela 2).

Em relação às temperaturas média, máxima e insolação, verificou-se que o híbrido HC-18 respondeu, positivamente, enquanto os híbridos Torreon, HC-45, HC-48 e HC-87, negativamente. Para a temperatura mínima, apenas o híbrido HC-18

respondeu positivamente.

O híbrido HC-18, diferentemente dos demais híbridos, respondeu negativamente à umidade relativa do ar. Para precipitação pluviométrica, novamente o híbrido HC-18 diferiu dos demais, com resposta positiva à referida covariável. O híbrido Hy-Mark também teve resposta positiva, mas em menor intensidade.

As causas da interação G x A têm sido atribuídas a fatores fisiológicos e bioquímicos próprios de cada genótipo avaliado. Considerando que os genótipos se desenvolvem em sistemas dinâmicos, em que ocorrem constantes mudanças, desde a semeadura até a colheita, há geralmente um comportamento diferenciado destes em termos de respostas às variações ambientais (CRUZ et al., 2004). Esse fato foi verificado pelas diferentes sensibilidades dos híbridos em relação às covariáveis ambientais (Tabela 2).

O genótipo HC-18 foi aquele com comportamento mais diferenciado em relação aos demais. Para a produtividade, o referido híbrido respondeu de forma positiva a quase todas as covariáveis, com exceção da umidade relativa. Significa que todas as covariáveis temperatura média, temperatura máxima, temperatura mínima, insolação e precipitação estimularam a produtividade de frutos. O híbrido HC-48, para a produtividade, respondeu negativamente às variações das covariáveis, com exceção da umidade relativa.

O híbrido HC-87 respondeu negativamente a todas as covariáveis, com exceção da umidade relativa do ar, indicando, a princípio, que o mesmo tem pouca adaptação às condições climáticas estudadas. Não obstante, deve ser sempre enfatizado que o ambiente envolve muitas outras variáveis, conforme a própria definição (BRANCOURT-HULMEL; LECOMTE, 2003).

No presente trabalho, também se investigou, pela regressão fatorial, o efeito de co-variáveis ambientais sobre a interação G x A estimada pela análise multivariada AMMI. As covariáveis ambientais que mais contribuíram para explicar a interação G x A capturada pelo primeiro componente principal da análise de modelo multiplicativo-aditivo (AMMI) foram, em ordem decrescente, temperatura mínima, temperatura média e temperatura máxima, com estimativas superiores a 30%. A motivação para a aplicação da análise AMMI é o fato de a mesma proporcionar melhores estimativas quando comparadas aos métodos de quadrados mínimos ordinários (GAUGH, 2008). Com efeito, a porcentagens das somas de quadrados obtidas são mais realistas em relação àquelas obtidas na regressão fatorial, embo-

ra a magnitude relativa não tenha mudado nos dois métodos de análise (Tabela 1).

A razão da superioridade da análise AMMI é a captura dos padrões estatísticos que realmente explicam a interação. Esse fato permite estimativas mais precisas (GAUCH et al., 2008). Os referidos padrões são explicados pelos primeiros componentes principais e contemplam apenas os padrões realmente vinculados à interação. No presente trabalho, foi necessário apenas um componente principal para explicar a interação, com 92,13%. Toda a variação remanescente, chamada de "ruído" ou desvio, não foi utilizada para explicar a interação na análise AMMI. Por outro lado, a análise de regressão fatorial por quadrados mínimos ordinários (QMO) não despreza os padrões considerados como "ruídos" na análise AMMI.

Pelas estimativas do coeficiente de correlação de Spearman entre os escores do primeiro componente principal da análise AMMI e seis covariáveis ambientais, ratificam-se os resultados anteriormente observados na Tabelas 1. As correlações significativas indicam que as covariáveis de temperatura (média, máxima e mínima) explicaram mais da interação para a produtividade. As referidas estimativas foram positivas e intermediárias, envolvendo as temperaturas média, máxima e mínima (Tabela 2).

Dada a importância da interação G x A para a recomendação de cultivares, recomendam-se estudos futuros envolvendo mais covariáveis ambientais e também co-variáveis genotípicas para se entender, biologicamente, a interação G x A e poder planejar uma rede de ensaios para essa cultura.

**TABELA 1** - Contribuição de seis covariáveis ambientais para a interação G x A capturada pela análise multivariada AMMI, para produtividade ( $t\ ha^{-1}$ ) de híbridos de melão Cantaloupe. Mossoró-RN, 2004 a 2006.

Covariável	Soma de Quadrados (%)	
	QMO	AMMI
Tmed	29,45	35,23
Tmax	27,25	33,23
Tmin	29,63	39,23
UR	22,36	21,56
INS	26,04	29,98
PREC	23,01	24,56

Temperatura média (Tmed), temperatura máxima (Tmax), temperatura mínima (Tmin), umidade relativa (UR), insolação (INS) e precipitação pluviométrica (PREC). QMO: quadrados mínimos ordinários. AMMI: modelo de efeitos principais aditivos e interação multiplicativa.

**TABELA 2** - Estimativas dos coeficientes de sensibilidade genotípica em relação a seis co-variáveis ambientais de acordo com o modelo de regressão fatorial (QMO) e estimativas do coeficiente de correlação de Spearman entre os escores do primeiro componente principal da análise AMMI e seis covariáveis ambientais para produtividade de híbridos de melão Cantaloupe. Mossoró-RN, 2004 a 2006.

Híbrido	Covariável					
	Tmed(°C)	Tmin(°C)	Tmax(°C)	UR(%)	INS(h)	PREC(mm)
Hy-Mark	-0,274 <sup>ns</sup>	-0,298 <sup>ns</sup>	0,294 <sup>ns</sup>	0,194 <sup>ns</sup>	-0,188 <sup>ns</sup>	0,927*
Torreon	-1,529 <sup>*(1)</sup>	-1,276*	-1,130*	0,125 <sup>ns</sup>	-0,936*	-0,858*
HC-02	-0,440*	-0,866*	-0,314 <sup>ns</sup>	0,153 <sup>ns</sup>	-0,768*	-0,553*
HC-12	0,214 <sup>ns</sup>	-0,641*	0,229 <sup>ns</sup>	0,26 <sup>ns</sup>	-0,462*	-0,159 <sup>ns</sup>
HC-18	7,163 <sup>**</sup>	8,195 <sup>**</sup>	4,315 <sup>**</sup>	-1,466*	6,330 <sup>**</sup>	3,807 <sup>**</sup>
HC-45	-1,485*	-1,273*	-1,283*	0,130 <sup>ns</sup>	-0,784*	-1,018*
HC-48	-2,477*	-2,479*	-1,366*	0,331 <sup>ns</sup>	-2,149 <sup>**</sup>	-1,451*
HC-87	-1,172*	-1,362*	-0,745*	0,264 <sup>ns</sup>	-1,043*	-0,695*
$r_s$	0,54 <sup>*(2)</sup>	0,52*	0,61*	0,27 <sup>ns</sup>	0,16 <sup>ns</sup>	0,32 <sup>ns</sup>

Temperatura média (Tmed), temperatura máxima (Tmax), temperatura mínima (Tmin), umidade relativa (UR), insolação (INS) e precipitação pluviométrica (PREC). <sup>(1)\*\*</sup>,\*: significativo a 1% e 5% de probabilidade, pelo teste t de Student. ns: não significativo. <sup>(2)\*</sup>: significativo a 5% de probabilidade, pelo teste Mantel. ns: não significativo.

## CONCLUSÃO

As covariáveis ambientais temperatura média, temperatura máxima e temperatura mínima são aquelas que mais influenciam na interação G x A em meloeiro para a produtividade.

## REFERÊNCIAS

ARAÚJO NETO, S.E.; GURGEL, F.L.; PEDROSA, J.F.; FERREIRA, R.L.F.; ARAÚJO, A.P. Produtividade e qualidade de genótipos de melão-amarelo em quatro ambientes. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal, v.25, n.1, p.104-107, 2003.

BRANCOURT-HULMEL, M.; LECOMTE, C. Effect of environmental varieties of genotype x environment interaction of winter wheat: A comparison of biadditive factorial regression to AMMI. *Crop Science*, Madison, v.43, p.608-617, 2003.

CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.J.; CARNEIRO, P.C.S. *Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético*. Viçosa: Editora UFV, 2004. v.1, 480p.

DUARTE, J.B.; VENCOVSKY, R. *Interação genótipos x ambientes: uma introdução à análise AMMI*. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética, 1999. 60p. (Série Monografias, 9).

- FREITAS, J.G.; CRISÓSTOMO, J.R.; SILVA, F.P.; PITOMBEIRA, J.B.; TÁVORA, F.J.A.F. Interação entre genótipo e ambiente em híbridos de melão-amarelo no Nordeste do Brasil. **Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v.38, n.2, p.176-181, 2007.
- GAUGH, H.G. Statistical analysis of yield trials by AMMI and GGE. **Crop Science**, Madison, v.46, n.03, p.1488-1500, 2006.
- GAUCH, H.G.; PIEPHO, H.; ANNICCHIARICO, P. Statistical analysis of yield trials by AMMI and GGE: further considerations. **Crop Science**, Madison, v.48, n.2, p.866-889, 2008.
- MELO, S.B. **Modelagem da irradiância solar global para a região de Mossoró**. 2009. 66f. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Meteorologia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2009.
- NUNES, G.H.S.; MADEIROS, A.E.S.; GRANGEIRO, L.C.; SANTOS, G.M.; SALES JUNIOR, R. Estabilidade fenotípica de híbridos de melão-amarelo avaliados no Polo Agroindustrial Mossoró-Assu. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.41, n.9, p.57-67, 2006.
- NUNES, G.H.S.; SANTOS JÚNIOR, J.J.S.; VALE, F.A.; BEZERRA NETO, F.; ALMEIDA, A.H.B.; MEDEIROS, D.C. Aspectos produtivos e de qualidade de híbridos de melão cultivados no agropolo Mossoró-Assu. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.22, n.4, p.744-747, 2004.
- OLIVEIRA, A.B.; DUARTE, J.B.; CHAVES, L.J.; COUTO, M.A. Environmental and genotypic factors associated with genotype by environment interactions in soybean. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Viçosa, MG, v.6, p.79-86, 2006.
- RAMASAMY, P.; SUBBARAMAN, N.; VENKATACHALAM, R.; SOUNDRAPADIAN, G. Contribution of weather variables to G x E interaction in finger millet genotypes. **International Sorghum and Millets Newsletter**, New Dehli, v.37, n.1, p.79-81, 1996.
- SAEED, M.; FRANCIS, C.A. Association of weather variables with genotype x environment interactions in grain sorghum. **Crop Science**, Madison, v.24, p.13-16, 1984.
- VOLTAS, J.; LÓPES-CÓRCOLES, H.; BORRÁS, G. Use of biplot analysis and factorial regression for the investigation of superior genotypes in multi-environment trials. **European Journal of Agronomy**, Madrid, v.22, p.309-324, 2005.