



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA
CURSO ENGENHARIA AGRONÔMICA

AVALIAÇÃO AGRONÔMICA DE PROGÊNIES EM HÍBRIDOS NATURAIS DE
AMARANTO NA CULTIVAR BRS ALEGRIA.

ELAINE CAETANO SANTOS

BRASÍLIA - DF
2011



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA
CURSO ENGENHARIA AGRONÔMICA

AVALIAÇÃO AGRONÔMICA DE PROGÊNIES EM HÍBRIDOS NATURAIS DE
AMARANTO NA CULTIVAR BRS ALEGRIA.

ELAINE CAETANO SANTOS

BRASÍLIA - DF
2011

ELAINE CAETANO SANTOS

AVALIAÇÃO AGRONÔMICA DE PROGÊNIES EM HÍBRIDOS NATURAIS DE
AMARANTO NA CULTIVAR BRS ALEGRIA.

Trabalho de conclusão de curso apresentado à
Banca Examinadora da Faculdade de Agronomia
e Medicina Veterinária como exigência final
para obtenção do título de Engenheiro
Agrônomo.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Roberto Spehar

BRASÍLIA - DF
2011

Universidade de Brasília
Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária
Curso de Engenharia Agrônômica — Bacharelado

TÍTULO: AVALIAÇÃO AGRONÔMICA DE PROGÊNIES EM HÍBRIDOS
NATURAIS DE AMARANTO NA CULTIVAR BRS ALEGRIA.

GRADUANDA: Elaine Caetano Santos, CPF: 736.790.111-72

Trabalho de conclusão de curso submetido à Banca Examinadora da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, da Universidade de Brasília, para aprovação como parte dos requisitos necessários à obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Agrônômica.

Data da Aprovação: 18/07/2011

Aprovado pela Banca Examinadora composta por:



CARLOS ROBERTO SPEHAR, Ph.D. Universidade de Brasília
Prof. da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária – UnB
(ORIENTADOR) CPF: 122.262.116-91 - e-mail: spehar@unb.br



MICHELLE SOUZA VILELA, M.Sc. Universidade de Brasília
Doutoranda/Prof.^a da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária – UnB
(EXAMINADOR) CPF: 919.623.401-23 - e-mail: chellysv@hotmail.com



MARCELO FAGIOLI, Dr. Universidade de Brasília
Prof. da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária – UnB
(EXAMINADOR) CPF: 729.409.306-78 - e-mail: mfagioli@unb.br

Brasília, 18 de julho de 2011.

Universidade de Brasília — UnB
Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária — FAV
Curso de Engenharia Agrônômica — Bacharelado

Coordenador(a): Prof. Dr. Ana Maria Resende Junqueira

Banca examinadora composta por:

Prof. Ph.D. Carlos Roberto Spehar (Orientador) — FAV/UnB
Prof. Me. Michelle Souza Vilela — FAV/UnB
Prof. Dr. Marcelo Fagioli — FAV/UnB

CIP — Catalogação Internacional na Publicação

SANTOS, Elaine Caetano.

Avaliação Agrônômica de Progenies em Híbridos Naturais de
Amaranto na Cultivar BRS Alegria. Elaine Caetano Santos.
Brasília. UnB.
V, 32 p.

Trabalho de conclusão de curso (Graduação) - Universidade de
Brasília/ Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, 2011.

Orientador: Prof. Ph.D. Carlos Roberto Spehar.

1. Adaptabilidade. 2. *amarantus cruentus*. 3. Índice de colheita

Referência Bibliográfica

SANTOS, Elaine Caetano. Avaliação Agrônômica de Progenies em Híbridos Naturais de
Amaranto na cultivar BRS Alegria. Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária,
Universidade de Brasília.

Cessão e Direitos

É cedida a Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desta
dissertação de graduação e para emprestar ou vender tais cópias somente para
propósitos acadêmicos e científicos. A autora se reserva os outros direitos de publicação
e nenhuma parte desta dissertação de graduação pode ser reproduzida sem autorização
por escrito da autora.



Elaine Caetano Santos

Endereço: Universidade de Brasília
Campus Universitário Darcy Ribeiro — Asa Norte
CEP 70910-900
Brasília—DF — Brasil

EPÍGRAFE

“A mente que se abre a uma nova idéia jamais
voltará ao seu tamanho original.”

Albert Einstein

DEDICATÓRIA

Aos meus pais Edson e Eliete pela confiança, inesgotável
paciência e pelo eterno incentivo. Sem vocês
isso tudo seria mais difícil
e vazio de sentido.

AGRADECIMENTOS

Agradeço todos que de alguma forma, direta ou indiretamente contribuíram para que esse ciclo de minha vida fosse encerrado com êxito.

Ao professor Carlos Roberto Spehar, pela orientação, confiança e principalmente pelo incentivo durante todo o desenvolvimento do projeto. Sem sua ajuda esse trabalho seria muito mais árduo.

Ao professor Everaldo Anastácio Pereira pelo espaço cedido para condução do experimento.

À minha família, em especial as minhas tias, por me apoiarem e ajudarem ao longo do curso, mostrando-me a importância e o verdadeiro significado de família.

A todos os amigos e colegas, em especial a Camila, Daiane e Poliana, que estiveram envolvidos nessa caminhada e contribuíram para tornar essa experiência singular e muito especial em minha vida.

Ao meu eterno amigo Leonardo, pelo apoio nas horas mais difíceis e ajuda na condução o experimento.

SUMÁRIO

LISTA DE ILUSTRAÇÕES	I
LISTA DE TABELAS	II
LISTA DE ANEXOS	III
RESUMO	IV
ABSTRACT	V
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	2
2.1. Origem e Importância do amaranto.....	2
2.2. Classificação botânica.....	2
2.3. Principais características da planta.....	3
2.4. Distinção entre amaranto e plantas daninhas do mesmo gênero.....	5
2.5. Composição organo-mineral.....	6
2.6. Genética e melhoramento.....	8
2.6.1. Variabilidade	8
2.6.2. Métodos	9
2.6.3. Seleção de progênies por indivíduos	9
2.6.4. Hibridação	10
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	11
3.1. Localização do experimento.....	11
3.2. Genótipos utilizados.....	12
3.3. Montagem do experimento em campo.....	12
3.4. Práticas culturais.....	13
3.5. Avaliação das características agronômicas.....	14
3.6. Análise estatística.....	15
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	16
4.1. Análise estatística.....	17
5. CONCLUSÕES.....	22
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	23
7. ANEXOS.....	27

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Estação Experimental de Biologia – UnB.....	11
Figura 2: Croqui da área do experimento.....	12
Figura 3: Estágios fisiológicos da cultura.....	13
Figura 4: Colheita experimento.....	14
Figura 5: Processo de trilhagem (obtenção das sementes).....	15
Figura 6: Dendrograma de similaridade para indivíduos escolhidos aleatoriamente em BRS Alegria (A) e de progênies de híbridos (B).....	20

LISTA DE TABELAS

Tabela 2: Composição organo-mineral de amaranto e do espinafre, em 100g de folhas.....	7
Tabela 3: Composição de amaranto (<i>A. caudatus</i> – AÇA, <i>A. hypochondriacus</i> – AH e <i>A. cruentus</i> – Acr) em aminoácidos essenciais, relativa ao padrão da FAO.....	7
Tabela 4: Composição do grão em genótipo de amaranto.....	8
Tabela 5: Altura de média da parcela (cm), peso parcela (g parcela^{-1}), peso de sementes (g parcela^{-1}), peso de 1000 sementes (g parcela^{-1}), índice de colheita (g parcela^{-1}), de progênies BRS Alegria.....	16
Tabela 6: Altura de plantas (cm), peso parcela (g parcela^{-1}), peso de sementes (PS, g parcela^{-1}), peso de 1000 sementes (PS, g parcela^{-1}), índice de colheita (g parcela^{-1}), de progênies híbridas BRS Alegria.....	17
Tabela 7: Altura de plantas (cm), rendimento de biomassa e de sementes (t ha^{-1}), peso de 1.000 sementes (P 1.000, g) e índice de colheita (IC, %), ajustados para progênies de híbridos e de plantas coletadas ao acaso em BRS Alegria.....	18
Tabela 8: Médias e coeficiente de variação para altura de plantas (cm), rendimento de biomassa e sementes (t ha^{-1}), peso de 1.000 sementes (P 1.000, g) e índice de colheita (IC) de genótipos de amaranto. EEB, Brasília, DF, 2011.....	19
Tabela 9: Análise de variância (CV) para altura de plantas (AP, cm), rendimento de biomassa e sementes (t ha^{-1}), peso de 1.000 sementes (P 1.000, g) e índice de colheita (IC) de genótipos de amaranto. EEB, Brasília, DF, 2011.....	19
Tabela 10: Variância fenotípica (VF), ambiental (VA) e genotípica (VG), herdabilidade (H), coeficiente de variação genético (CVG) e razão CVg : Cva para altura de plantas (AP), rendimento de biomassa e de sementes (RB e RS), peso de 1.000 sementes (P 1.000) e índice de colheita (IC).	20

LISTA DE ANEXOS

7.1 – Anexo A: Tabela 1: Componentes do grão de amaranto.....	26
7.2 - Anexo B: Análise de agrupamento 1.....	26
7.3 - Anexo C: Análise de agrupamento 2	27
7.4 - Anexo D: Resultados da Anova.....	28
7.5 – Anexo E: Matriz com os valores de dissimilaridade.....	32

RESUMO

A pesquisa foi conduzida na Estação Experimental de Biologia, da Universidade de Brasília, com o objetivo de avaliar progênies de híbridos naturais em amaranto (*Amaranthus cruentus*, cv BRS Alegria) para adaptabilidade ao Cerrado. O experimento foi realizado na entressafra sob irrigação apenas nos dois terços finais do experimento, em delineamento de blocos com testemunhas intercaladas. Em cada bloco foram semeadas progênies intercaladas por 4 parcelas com a progênie Dourada (testemunha); igual número de progênies foi utilizado para plantas típicas de BRS Alegria, seguindo o mesmo procedimento. Foram formados 2 blocos (A e B), com 16 linhas de plantio com 4 m de comprimento, espaçadas por 0,5m na entre linha, nos quais, a cada progênie se intercalava uma testemunha. O bloco A foi composto por progênies de BRS Alegria típicas, enquanto o Bloco B, por progênies de plantas híbridas. Na colheita da parcela, ajustou-se a área de 1,0 m, para a porção da linha de plantio mais representativa, medindo-se altura de plantas. As plantas foram acondicionadas em sacos de plástico, mantidos sob ventilação; depois de secas até atingirem peso constante, avaliou-se rendimento de grãos, biomassa e peso de mil sementes, corrigido para 13% de umidade. Calculou-se o índice de colheita e os dados foram analisados estatisticamente, comparando-se as progênies por análise multivariada, elegendo-se aquelas que se destacaram por desempenho agrônômico para a continuidade dos trabalhos de seleção.

Palavras-chave: adaptabilidade, *amarantus cruentus*, índice de colheita, seleção de progênies

ABSTRACT

The research was conducted in the Biology Experimental Station, University of Brasília, aiming at the evaluation of progenies of natural hybrids in grain amaranth (*Amaranthus cruentus*, cv BRS Alegria) for adaptability to the Brazilian Savannah. The experiment was conducted in the dry season under irrigation, in repeated control design scheme, where progenies were alternated by four plots of Dourada (control); the same number of progenies was used for typical BRS Alegria. Therefore, two blocs were formed (A and B), with 16 lines, 4.0 m long, spaced by 0.5 m between rows, at every four rows, a control was sown. Bloc A was made by typical BRS Alegria progenies, while Bloc B, contained natural hybrid. Harvest area was defined by adjusting 1.0 m to the most homogenous and representative part. At harvest, plant height was measured for all plots and the harvested plants were kept in ventilated plastic bags until reaching constant weight. Total biomass, grain yield and seed weight, adjusted to 13 % moisture were collected. Harvest index was calculated and all the data were analyzed statistically with progenies compared by multivariate analysis, electing the ones with best performance and genetic diversity for continuity of selection work

Key-words: adaptability, *amaranthus cruentus*, harvest index, selection of progenies.

1. INTRODUÇÃO

O gênero *Amaranthus* compreende várias espécies da família Amaranthaceae cujas folhas e sementes são regularmente consumidas como alimento pelas populações em diversos países, entre os quais ainda não se inclui o Brasil. As espécies graníferas se destacam pela rapidez de crescimento e produção, possibilitando o cultivo em condições de escassez de umidade na fase reprodutiva (SPEHAR, 2007). Dadas suas nobres características nutricionais, este grão se apresenta como um alimento naturalmente balanceado com propriedades funcionais. O alto valor nutritivo e as características físico-químicas da proteína fazem com que a farinha possa ser utilizada na fortificação de cardápios consumidos pela população que necessitam de produtos isentos de glúten. Alimentos elaborados de farináceos sem a presença de glúten tornam o amaranto uma importante opção, ampliando a oferta de alimentos nutritivos para portadores da doença celíaca (AMAYA-FARFAN et al. 2005).

Com base nos estudos anteriores foi demonstrado que o amaranto pode integrar os sistemas produtivos no Cerrado (SPEHAR, 2007). Os rendimentos elevados, associados à qualidade nutricional dos grãos, permitem visualizar a produção comercial no Brasil, tornando-se necessário continuar os trabalhos de pesquisa.

Considerando o conjunto de propriedades muito atraentes para agricultura familiar ou o agronegócio, além da adaptação ao cultivo no Cerrado, é difícil entender como o país não aderiu à produção e ao consumo deste produto (AMAYA-FARFAN et al. 2005).

Na análise de composição de algumas variedades de amaranto, evidencia-se o seu uso como fonte alternativa de alimento nas condições do Cerrado brasileiro (Tabela 1).

No intuito de contribuir à obtenção de genótipos com rendimento e outras características agrônômicas, este trabalho teve como objetivo avaliar progênies de hibridações naturais e de plantas típicas da cultivar BRS Alegria, em apoio à seleção.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Origem e importância do Amarantho

O Amarantho granífero foi domesticado na América há mais de 6.000 anos pelas civilizações que nela se desenvolveram e se dispersou por outras partes do mundo (SAUER, 1993).

Desde a Pré-história antes mesmo do processo de domesticação, inúmeras espécies de amarantho foram consumidas na forma de hortaliças folhosas. A coleta de suas folhas tem sido prática comum mesmo na atualidade, entre muitos povos (RIVERO, 1994; TAPIA, 1997; MUJICA-SÁNCHEZ et al., 1997). No Brasil, folhas de algumas espécies têm sido consumidas desde os tempos coloniais (COONS, 1981).

O gênero *Amaranthus* contém mais de 70 espécies, das quais a maioria é originária da América; apenas 15 são provenientes da Europa, Ásia, África e Austrália (ROBERTSON, 1981)

O início da domesticação foi documentado nos depósitos de pólen, descobertos em levantamentos antropológicos, apesar de dificuldades em discriminá-lo de outras espécies afins. Assim, descobriu-se que, antes da origem da agricultura, algumas espécies de amarantho floresciam nos campos próximos as aldeias (MUJICA-SÁNCHEZ et al., 1997).

No que tange a domesticação do Amarantho, o fator decisivo foi a seleção pelos antigos agricultores que aproveitaram formas mutantes de sementes claras, a partir das de coloração escura e dormentes, predominantes nos tipos silvestres (MUJICA-SÁNCHEZ et al., 1997).

Essa seleção possibilitou agregar outras características de interesse para o ser humano como plantas de inflorescência e grãos maiores (relativamente igual aos das plantas daninhas) e rendimento superior (MUJICA-SÁNCHEZ et al., 1997).

2.2. Classificação botânica

O Amarantho é uma planta que pertence à família das amarantáceas. Esta se divide em 70 gêneros e mais de 850 espécies. O gênero *Amaranthus* apresenta mais de

60 espécies, dentre elas *Amaranthus cruentus* da qual se obteve a BRS Alegria, primeira cultivar recomendada no Brasil (SPEHAR et al., 2003).

2.3. Principais características da planta

O amaranto é uma espécie anual herbácea ou arbustiva, com diversas cores, verde, roxa ou púrpura e dourada, apresentando distintas variações intermediárias (SPEHAR, 2007).

A raiz é pivotante, com abundantes ramificações e múltiplas radículas finas que se estendem rapidamente. A raiz principal serve de suporte à planta, permitindo manter o peso da panícula, principalmente quando os grãos se encontram cheios, antes da maturação fisiológica. As raízes primárias, que por sua vez apresentam consistência lenhosa, ancoram a planta quando ela cresce isolada (SPEHAR, 2007).

O amaranto tem uma grande capacidade de aproveitamento de água, luz e nutrientes. Possui raiz profunda que lhe assegura a sobrevivência em períodos de seca, desde que tenha ultrapassado os 30-40 dias após emergência. Caracteriza-se também por sua grande adaptação até altitudes de 3500 m (SUMAR-KALINOWSKI, 1986). Com relação às propriedades fito sanitárias do amaranto, Bresler et al. (1998) relataram que o grão não é bom substrato para fungos toxigênicos, o que faz deste um produto pouco susceptível à contaminação por aflatoxinas e zeralenona, ao contrário do que ocorre com os cereais e as leguminosas.

O caule, também conhecido como colmo ou talo, é cilíndrico e anguloso, com grossas estrias longitudinais que lhe confere aparência canelada, com comprimento variável e espessura que diminui da base ao ápice. Apresentam distintas cores, em geral, coincidentes com as das folhas, ainda que possam ocorrer de forma independente (SPEHAR et al., 2003).

As folhas são pecioladas, sem estípulas, ovais, elípticas, opostas ou alternadas, com nervuras proeminentes na face abaxial; lisas ou pouco pubescentes, de cor verde púrpura; seu tamanho diminui da base para o ápice, apresentando comprimento médio entre 6,5 e 15,0 cm (SUMAR, 1993; TAPIA, 1997). Até o início da ramificação, as folhas tenras podem ser consumidas como hortaliças.

A inflorescência é formada por panículas amarantiformes ou glomeruladas, muito vistosas, terminais ou axilares, as quais podem ser eretas, inclinadas ou decumbentes cujas cores variam entre o amarelo, alaranjado ou dourado, café,

vermelho, rosado e roxo. O tamanho reflete o ambiente onde se desenvolve a planta mãe: população, fertilidade do solo, estresse hídrico, época de semeadura. São amarantiformes as que apresentam amentos com dicásios terilíneos ou compostos, apontando para cima ou para baixo na inflorescência decumbente; nas glomeruladas os amentos são agrupados em glomérulos de diferentes tamanhos (SPEHAR, 2007).

A estrutura floral, com flores masculinas, hermafroditas e femininas, cria oportunidade para a ocorrência de cruzamentos naturais, gerando novas combinações. Com a visita freqüente de abelhas exóticas (*Apis mellifera*) e silvestres, por ocasião da antese, intensificam-se as chances de hibridações (SPEHAR et al., 2007). Os híbridos obtidos anteriormente, em experimentos com variedades de *Amaranthus cruentus*, demonstraram a importância de agentes de polinização para o melhoramento genético de amaranto. Por outro lado, hibridações inter-específicas podem se constituir em uma alternativa para a introgressão de genes de interesse (GUPTA; GUDU, 1991). Os híbridos entre as espécies mostram que *A. cruentus* apresenta probabilidade de híbridos férteis com *A. hypochondriacus*, e menor com *A. caudatus*.

As plantas são monóicas na maior parte das espécies de amaranto (BRENNER et al., 2000); porém, são predominantemente autógamas, com variações no percentual de polinização cruzada nas cultivares. As flores são unissexuais muito pequenas, estaminadas no ápice e pistiladas abaixo, completando o glomérulo. O androceu é formado por cinco estames coloridos que mantêm as anteras por um ponto próximo da base; tornam-se bastante visíveis por ocasião da antese. O gineceu apresenta ovário esférico, súpero coroado por três estigmas filiformes e pilosos que aloja uma semente (TAPIA, 1997).

O glomérulo é uma ramificação dicasial cuja primeira flor é terminal e sempre masculina, em cuja base surgem duas flores laterais femininas e assim sucessivamente. Um glomérulo pode conter até 250 flores femininas; a flor masculina depois de liberar o pólen, seca e cai (SÁNCHEZ, 1980).

O fruto é uma cápsula pequena que se denomina pixídio unilocular. Na maturação, essa cápsula abre de forma transversal, deixando cair a parte superior, o opérculo, descobrindo a parte inferior ou a urna onde se encontra a semente. Em geral é deiscente, deixando cair a semente (SÁNCHEZ, 1980).

A semente é pequena, lisa, brilhante, de 1 a 1,5 mm de diâmetro, ligeiramente aplanada, de cor bege ou branca, amarelada, dourada, vermelha, rosada, roxa, marrom e

preta. O número de sementes g^{-1} varia entre 3000 (mais comum nas espécies silvestres) a 1000 (nas cultivadas) (NIETO, 1990).

2.4. Distinção entre amaranto e plantas daninhas do mesmo gênero

Pela semelhança na fase inicial do desenvolvimento o amaranto pode confundir-se com espécies de plantas daninhas do mesmo gênero, conhecidas pelo nome genérico de caruru ou bredo. Estas se dispersaram no Brasil, associadas à expansão agrícola (COONS, 1981).

As espécies cultivadas apresentam ciclo entre 90 e 100 dias, nas condições do Brasil Central. Depois de 20 ou 30 dias da sementeira, o crescimento é rápido e podem atingir até 2,0 m de altura em sementeira de safrinha (fevereiro-março), com suprimento de 300 mm. O sistema radicular é vigoroso e o ciclo curto possibilitam ao amaranto tolerar os estresses hídricos e produzir grãos e biomassa para a proteção do solo, nas mesmas condições que o sorgo, o milheto e o girassol (SPEHAR, 1998; SPEHAR; LARA CABEZAS, 2001).

As sementes possuem coloração mais clara, diferentemente das plantas daninhas, as quais apresentam coloração de sementes mais escuras, apresentam rápida germinação na presença de umidade, não apresentando dormência como as plantas daninhas (SPEHAR, 2007).

Em amaranto cultivado, e nas espécies de plantas daninhas, na fase vegetativa, a planta pode variar nos aspectos de coloração e tamanho das folhas. Entretanto, depois da floração as diferenças se acentuam: ramificações nas plantas daninhas, com inflorescência axilares e apicais em todos os ramos, em contraste com amaranto cultivado, no qual as panículas são apicais, com diversas colorações, entre amarelo e vermelho-escuro. O crescimento do amaranto cultivado é mais vigoroso, e a biomassa produzida constitui alternativa para proteção do solo em plantio direto no Cerrado (SPEHAR, 1998; SPEHAR; LARA CABEZAS, 2001).

As espécies de amaranto planta daninha, com inflorescência ramificada, possuem um crescimento apical menor e sementes menores e escuras, tornam-nas distintas das espécies cultivadas. A reduzida germinação das sementes ocorre por baixa permeabilidade da casca ou testa. No amaranto BRS Alegria, as características de maturação uniforme, panículas com dominância apical concentradas no topo da planta,

característica favorável à colheita mecanizada e sementes claras, não dormentes, eliminam a possibilidade de ela se tornar invasora (SPEHAR et al. 2003).

Em áreas infestadas com espécies de planta daninhas, quando a germinação coincide com a do amaranto cultivado, a produção de sementes e o cultivo comercial ficam comprometidos. Algumas espécies podem produzir híbridos férteis entre si por cruzamentos naturais. Nesse caso, o caráter indesejável de cor da semente pode ser transferido ao amaranto cultivado; ademais, pode-se excluí-lo via seleção, pois é de herança simples, condicionado a um par de genes dominantes (BRENNER et al. 2000).

Na produção de sementes, o rigor na exclusão do amaranto-planta daninha deverá ser ainda maior. A experimentação tem mostrado que, em sistemas integrados lavoura-pastagem, a semeadura do amaranto BRS Alegria, depois da dessecação da gramínea, resulta em cultivos com baixa incidência das espécies daninhas do mesmo gênero e tornam a produção viável (SPEHAR et al. 2003).

2.5. Composição organo-mineral

O amaranto apresenta uma composição em substância orgânica e em elementos químicos que o torna utilizável na alimentação humana e animal, com vantagens sobre cereais e leguminosas. Não possui o inconveniente de substâncias indesejáveis como o glúten ou o colesterol (SPEHAR, 2007).

As folhas de amaranto são excelente fonte de proteína, fibras, minerais e vitaminas. Seu uso na culinária deve ser em misturas com outras plantas ou em preparados que contribuam para diluir a quantidade de nitratos. Quando usada na alimentação animal, a presença dessas substâncias pode causar problemas e se recomenda o uso em misturas (SLEUGH, 1999).

Exemplo de algumas espécies de amaranto que são usadas como hortaliças são: *A. blitum*, *A. tricolor*, *A. cruentus*, *A. dubius*, e *A. hypochondriacus* (DALOZ, 1979; MAPES et al., 1997).

A planta inteira apresenta considerável quantidade de proteína e energia, com palatabilidade que estimula o consumo pelos animais domésticos. Portanto, em cultivos sucessivos, pode ser empregadas na produção de forragem, pura ou em consórcio (SPEHAR, 2007).

Tabela 2: Composição organo-mineral de amaranto e do espinafre, em 100 g de folhas.

Componente	Amaranto	Espinafre
Matéria seca (g)	13,1	9,3
Energia (cal)	36	26
Proteína (g)	3,5	3,2
Gordura (g)	0,5	0,3
Carboidratos (g)	-	-
Total (g)	6,5	4,3
Fibra (g)	1,3	0,6
Cinzas (g)	2,6	1,5
Cálcio (mg)	267	93
Fósforo (mg)	67	51
Ferro (mg)	3,9	3,1
Sódio (mg)	-	71
Potássio (mg)	411	470
Vitamina A (IU)	6.100	8.100
Tiamina (mg)	0,08	0,10
Riboflavina (mg)	0,16	0,20
Niacina (mg)	1,4	0,6
Vitamina C (mg)	80	51

Fonte: Saunders e Becker (1984).

Tabela 3: Composição de amaranto (*A. caudatus* – AÇA, *A. hypochondriacus* – AH e *A. cruentus* – Acr) em aminoácidos essenciais, relativa ao padrão da FAO.

Aminoácido	Padrão FAO	Aca	AH	Acr
isoleucina	28	52	39	36
leucina	66	46	57	51
lisina	58	67	55	51
metionina + cistina	25	35	47	40
fenilalanina + tirosina	63	63	73	60
treonina	34	51	36	34
triptofano	11	11	0	0
valina	35	45	45	42
histidina	19	25	25	24

Fonte: FAO/OMS/ONU (1985).

Tabela 4: Composição do grão em genótipo de amaranto.

Componente	Quantidade
Proteína (g)	12 - 19
Carboidratos (g)	71,8
Lipídios (g)	6,1 - 8,1
Fibra (g)	3,5 - 5,0
Cinzas (g)	3,0 - 3,3
Energia (kcal)	391
Cálcio (mg)	130 - 164
Fósforo (mg)	530
Potássio (mg)	800
Vitamina C (mg)	1,5

Fonte: Nieto (1990).

2.6. Genética e melhoramento

A adaptação do amaranto aos sistemas de produção agropecuária depende da obtenção de genótipos com características agrônômicas de rapidez de crescimento, ausência de acamamento, insensibilidade ao fotoperíodo, indeiscência do fruto, maturação uniforme e sincronizada da panícula e do caule, ciclos variados (entre precoce e médio), elevado rendimento de grãos e biomassa, sementes claras, com qualidade e elevado peso hectolitro, superior a 1,0g/1000 sementes (SPEHAR et al., 2003; BRENNER et al., 2000)

No Brasil, não ocorrem as principais pragas e doenças do amaranto. Entretanto, é necessário manter o germoplasma com ampla variabilidade para uso em programas de melhoramento que objetivem prevenir problemas (SPEHAR, 1999; SPEHAR e LARA CABEZAS, 2001).

2.6.1. Variabilidade

As espécies de amaranto apresentam ampla variabilidade genética, com mudança no hábito de crescimento (plantas com inflorescência ereta ou decumbentes), na coloração do grão, no ciclo (número de dias para maturação), conteúdo de proteína no grão e na folha, adaptabilidade e diferentes condições ambientais (solos, fotoperíodo, temperatura, precipitação).

Essa diversidade torna o amaranto uma planta flexível, podendo ser moldada às diferentes demandas como: maior rendimento de grãos e de biomassa, resistência a

pragas e a doenças, conteúdo de amarantina (corantes), proporção e tipos de amido, quantidade de proteína e óleo, tipos de grãos (cristalinos e amiláceos) além de outras características industriais, como capacidade de expansão e sabor (SPEHAR, 2007).

No melhoramento, pode-se contar com espécies cultivadas semi-domesticadas e silvestres. As espécies de amaranto, por se originarem em ambientes diversos de clima e solo, apresentam plasticidade genética que permite adaptá-lo ao cultivo em diferentes sistemas produtivos. As variedades graníferas estão mais difundidas no continente americano (México, Guatemala, Peru, Equador, Bolívia e Argentina). Nessa imensa região, com diferentes condições ambientais, encontra-se a maior diversidade (BRENNER, 2000).

2.6.2. Métodos

Os métodos de seleção dependem das características reprodutivas. Em amaranto, considera-se que a autogamia seja predominante, entretanto, existem relatos de polinização cruzada em até 34%, variando com os ambientes, coincidência de floração e distância entre plantas de genótipos diferentes (MUJICA-SÁNCHEZ et al. 1997; BRENNER et al. 2000). No Brasil, a taxa de alogamia pode ser maior do que a relatada por interferência de insetos, principalmente abelhas, que visitam as flores durante a antese.

Os métodos de seleção em amaranto podem ser ajustados aos do algodão, ainda que se apliquem os princípios usados em plantas autógamias, devido à ampla variabilidade genética, com predominância da variância aditiva, como em soja (MUJICA-SÁNCHEZ et al., 1997; SPEHAR et al., 1995). O melhoramento de amaranto baseia-se na seleção massal e de indivíduos em populações (panícula/sulco), hibridações naturais e controladas, estas de uso mais recente.

2.6.3. Seleção de progênes por indivíduos

Esse método tem permitido aproveitar a grande variação presente nos cultivos de amaranto nas regiões de origem, como nos vales peruanos e bolivianos e América Central (MUJICA-SÁNCHEZ et al., 1997). Indivíduos que se destacam por características morfológicas, como precocidade, tamanho de semente, altura de plantas, forma, tamanho e cor da panícula são colhidos, identificados e suas sementes mantidas

separadamente. A eficácia do método depende de se preestabelecerem as características a serem melhoradas (SPEHAR, 2007).

A semeadura da variedade se realiza em condição semelhante ao usado na seleção massal. Em parcelas com aproximadamente 2.000 m², selecionam-se plantas com características fenológicas desejáveis, das quais pelo menos 100 serão autofecundadas; Estas devem estar submetidas às mesmas condições competitivas (SPEHAR, 2007).

No segundo ciclo, sementes individuais são semeadas em panícula/sulco, no mesmo espaçamento de cultivo, assim como as plantas autofecundadas. A seleção é conduzida por linha, com base nas características agronômicas preestabelecidas. Colhe-se todo o sulco ou parte, dependendo da quantidade de sementes desejadas. Eliminando-se as discrepantes e as indesejáveis, com pressão de seleção de 10% (SPEHAR, 2007).

No terceiro ano, semeia-se o material selecionado, em blocos aumentados (SPEHAR et al., 2001) para avaliação de rendimento e outras características agronômicas. As melhores linhas são avaliadas no quarto e no quinto ciclo, com repetições do espaço e no tempo. O material que se destaca tem suas sementes multiplicadas a partir do penúltimo ciclo, de tal forma que, ao ser recomendado ao cultivo, os agricultores tenham pronto acesso à semente melhorada.

2.6.4. Hibridação

A hibridação planejada do amaranto possibilita avanços em características como rendimento, tamanho de sementes, resistência a doenças, pois é feita de genitores selecionados. Quando várias características desejáveis estão em jogo, esse é o método de melhoramento que se tem de empregar (SPEHAR, 2007).

Heterose ou vigor híbrido, têm sido encontrados quando se realizam cruzamentos interespecíficos, como, por exemplo, *A. cruentus* e *A. hypochondriacus* e pouco freqüentes quando se hibridam genótipos da mesma espécie (LEHMAN et al., 1991). Entretanto, para explorar a heterose nesses híbridos, tem-se dificuldade de emasculação, o que limita a produção de sementes.

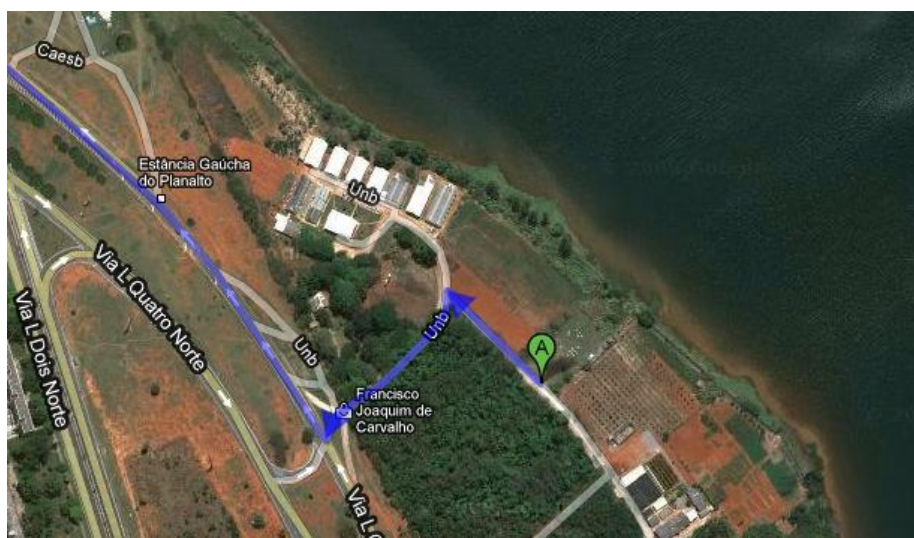
A melhor forma de realizar cruzamento é em casa de vegetação, agitando-se as plantas que se pretende usar como genitoras, umas contra as outras, por ocasião da antese (BRENNER et al., 2000) sendo que as híbridas são identificadas pelos marcadores morfológicos.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Localização do experimento

O experimento foi realizado no período de janeiro a abril de 2011, na Estação Experimental de Biologia, da Universidade de Brasília (UnB), localizada à Avenida L4, Brasília DF (15° 52' Latitude Sul e 47° 55' Longitude Oeste), situada a uma altitude de 1.010 m.s.n.m. (Figura 1). O solo da área experimental é definido como Latossolo Vermelho Escuro, segundo análises de solo feitas em 2006, cujas características físicas e químicas são as seguintes: pH 5,87; matéria orgânica, 4,12 %; P e K 4,51 e 105,4 mg dm⁻³; Ca + Mg, Al, H + Al e CTC 2,7, 0,1, 5,91 e 8,9 cmol_c dm⁻³; V 33,4 %.

Figura 1: Localização da Estação Experimental de Biologia – UnB



Fonte: Google Earth

Antes da instalação do experimento a área recebeu calagem adicional, com calcário dolomítico, para elevar a saturação por bases (V) ao nível de 50 %.

Fez-se a dessecação das plantas invasoras mediante a aplicação de glyphosate na dose de 2L h⁻¹, em função do nível de infestação não ser muito elevado e de as plantas se encontrarem em plena atividade biológica. Em seguida o solo foi sulcado manualmente, no espaçamento de 0,5 m, segundo definido por Spehar et al., (2003), e adubado. Utilizaram-se 500 kg ha⁻¹, da fórmula 4 30 16, acrescida de micronutrientes, no sulco de plantio, cobrindo-se parcialmente o sulco. A adubação foi feita sem a previsão de possíveis manchas de solo de baixa fertilidade.

3.2. Genótipos utilizados

O experimento foi composto por 25 progênies diferentes de amaranto, sendo utilizada como testemunha a progênie Dourada, 12 provenientes de plantas típicas da cultivar BRS Alegria e 12 híbridas naturais, obtidas em experimento anterior, com a mesma cultivar.

3.3. Montagem do experimento em campo

O esquema experimental foi constituído por 2 blocos espaçados 0,5 m entre si, com 16 linhas de plantio cada, medindo 4 m de comprimento e 0,5 m na entrelinha, alternados a cada 4 linhas de plantio com uma testemunha (Dourada). O bloco A foi composto por progênies de BRS Alegria típicas, enquanto o bloco B, por progênies de plantas híbridas. A área do experimento foi montada conforme croqui (Figura 2).

Figura 2: Croqui da área do experimento

Bloco A	Bloco B
Testemunha	Testemunha
A3	B2
A4	B3
A5	B4
A7	B5
Testemunha	Testemunha
A8	B6
A9	B7
A10	B8
A11	B10
Testemunha	Testemunha
A13	B11
A14	B12
A15	B24
A18	B27
Testemunha	Testemunha

O uso de testemunhas intercaladas na avaliação de progênies provenientes de hibridações é útil como ferramenta em apoio ao melhoramento genético de amaranto. As condições em que seu emprego torna-se eficiente são quando se tem pouca semente, que não permite repetições; ou quando o número de genótipos é grande, com pouca disponibilidade de área e recursos. As variações não controladas podem, entretanto, aumentar a variância do resíduo, com reflexos negativos na precisão experimental, limitando comparações. Mesmo assim, pode ser uma forma de reduzir o número de progênies a serem avaliados nas fases posteriores da seleção, atendo-se aqueles que apresentam características superiores e divergência genética.

3.4. Práticas culturais

O plantio foi manual, com uma média de aproximadamente 100 sementes por m². Duas semanas após o plantio houve uma capina na entre linha, seguida de raleio.

A capina foi repetida a cada 20 dias aproximadamente, para evitar a competição com as plantas daninhas. Após 60 dias do plantio o experimento já possuía uma densidade foliar grande, controlando a infestação de plantas invasoras, e a capina foi suspensa.

Figura 3: Estágios fisiológicos da cultura (A: linha de plantio antes do raleio; B: início da floração; C: início germinação; D: Área do experimento antes da capina.)



Fonte: Elaine Caetano Santos

Após 58 dias do plantio realizou-se adubação de cobertura com uréia, equivalente a 60 g de N espalhadas manualmente, na lateral dos sulcos de plantio.

A irrigação foi implantada apenas nos dois últimos terços do ciclo da cultura, sendo utilizado o sistema de aspersão.

A colheita foi realizada no dia 12 de abril de 2011, amostrando-se 1,0 m, para as porções da linha de plantio mais representativas. Na colheita, as plantas foram medidas e colocadas em sacos de polietileno mantidos sob ventilação em ambiente controlado até atingirem peso constante.

Figura 4: Colheita do experimento.



Fonte: Elaine Caetano Santos

3.5. Avaliação das características agronômicas

Depois foram pesadas para obtenção do peso total de biomassa (colmo, folhas e inflorescência), trilhadas, peneiradas e submetidas ventilação, para obtenção das sementes com o menor grau de impureza possível. As sementes foram pesadas e, posteriormente, obteve-se o peso por mil, através de contagem manual. Calculou-se o índice de colheita, que é a razão entre peso de grãos/peso da biomassa.

Figura 5: Processo de trilha (A: inflorescência seca, B: esfregaço para obtenção das sementes; C: sementes após processo e peneiramento; D: armazenamento das sementes).



Fonte: Elaine Caetano Santos

Para correção de umidade ao nível de 13%, volumes iguais de sementes foram pesados, dispostos em recipiente de metal. O material pesado foi submetido à secagem em estufa durante 24 horas a 105°C. Depois foram transferidas para dessecador por 30 minutos, até o resfriamento para posterior pesagem na balança de precisão.

3.6. Análise estatística

Os dados foram submetidos a análise estatística, usando-se o modelo de parcelas intercaladas (testemunha). Os valores foram corrigidos com base no desempenho das testemunhas, gerando-se variâncias e correlações. O modelo possibilitou elaboração de dendrograma para demonstração da diversidade existente nos genótipos.

Inicialmente foi realizada análise de variância usando-se o modelo de parcelas intercaladas, visando avaliar a existência de variabilidade genética entre os genótipos e estimação de parâmetros genéticos e não genéticos. O programa estatístico GENES (CRUZ, 2006), foi usado para as análises, a partir dos dados coletados.

Após a análise de variância as médias foram ajustadas para todos os caracteres. Foi feito também a correlação entre os parâmetros analisados.

Houve estimativa dos componentes da variância para obter outras estimativas como o coeficiente de herdabilidade e correlação entre os caracteres (RAMALHO et al, 2005). Foram estimadas a herdabilidade pelo quadrado médio e a relação entre o coeficiente de variação genético e ambiental (CV_g/CV_e). Foram calculadas ainda as correlações fenotípicas e genotípicas entre os caracteres.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O experimento sofreu influência de um veranico, o que comprometeu a altura final do experimento, o qual pode atingir 1,80 m de altura (SPEHAR, 2007) tendo alcançado apenas 1,60 m.

Ao longo do desenvolvimento das plantas nas parcelas, observaram-se variações no crescimento devidas ao provável efeito de mancha de fertilidade do local, confirmadas pelas características fenotípicas da testemunha, progênie Dourada, para os dois grupos de progênies (Tabelas 5 e 6). Essas parcelas foram excluídas da análise estatística.

Tabela 5: Altura de média da parcela (cm), peso parcela (g parcela⁻¹), peso de sementes (g parcela⁻¹), peso de 1000 sementes (g parcela⁻¹), índice de colheita (g parcela⁻¹), de progênies BRS Alegria.

Progênies	Altura média	Peso			Índice de colheita
		Parcela	Sementes	1000 sementes	
(TA1)	127	261,30	54,67	0,68	0,2092
A3	128	269,60	53,05	0,71	0,1967
A4	134	475,30	147,78	0,75	0,3109
A5	-	-	-	-	-
A7	-	-	-	-	-
(TA2)	110	239,10	56,94	0,76	0,2381
A8	-	-	-	-	-
A9	-	-	-	-	-
A10	-	-	-	-	-
A11	-	-	-	-	-
(TA3)	135	331,60	113,55	0,75	0,3424
A13	-	-	-	-	-
A14	120	325,40	102,46	0,76	0,3148
A15	-	-	-	-	-
A18	105	185,80	70,09	0,70	0,3772
(TA4)	100	139,50	27,06	0,67	0,1939

Tabela 6: Altura de plantas (cm), peso parcela (g parcela⁻¹), peso de sementes (PS, g parcela⁻¹), peso de 1000 sementes (PS, g parcela⁻¹), índice de colheita (g parcela⁻¹), de progênies híbridas BRS Alegria.

Progênies	Altura média	Peso			Índice de colheita
		Parcela	Sementes	1000 sementes	
(TB1)	140	408,50	147,71	0,69	0,3616
B2	160	564,70	174,73	0,78	0,3094
B3	155	554,80	172,92	0,80	0,3116
B4	-	-	-	-	-
B5	130	247,00	55,35	0,71	0,2240
(TB2)	140	495,10	140,06	0,68	0,2828
B6	135	401,40	103,56	0,72	0,2579
B7	140	502,60	174,69	0,79	0,3475
B8	-	-	-	-	-
B10	-	-	-	-	-
(TB3)	160	447,10	128,54	0,69	0,2874
B11	130	360,70	116,71	0,75	0,3235
B12	130	304,80	81,80	0,75	0,2683
B24	130	386,20	128,67	0,80	0,3331
B27	120	356,10	104,96	0,78	0,2947
(TB4)	150	452,50	136,23	0,72	0,3010

4.1. Análise estatística

Os valores ajustados para os genótipos indicaram que a altura de plantas mostrou-se variação entre 1,05 a 1,55 m, havendo relação com rendimento de grãos e de biomassa (Tabela 7). Essa diferença reflete possíveis variações locais no solo, uma vez que os genótipos estiveram submetidos às mesmas condições climáticas. Essas diferenças são confirmadas pelos valores não ajustados da testemunha (Dourada), entre 1,10 a 1,60 m (não apresentados). Por outro lado, o peso de 1.000 sementes mostrou menor efeito das variações de solo, o mesmo ocorrendo com o índice de colheita. Estes dois parâmetros podem ser usados na comparação de genótipos, sendo úteis na seleção. Vale acrescentar que os índices de colheita obtidos mostraram, no geral, maiores do que se conhece pelas pesquisas (GIMPLINGER et al., 2008). Uma provável razão seria o período longo de secagem das plantas até atingirem peso constante. O provável é que as plantas tenham perdido água de constituição das partes do caule e da panícula, aumentando a relação sementes por peso total.

Tabela 7: Altura de plantas (cm), rendimento de biomassa e de sementes (t ha⁻¹), peso de 1.000 sementes (P 1.000, g) e índice de colheita (IC, %), ajustados para progênie de híbridos e de plantas coletadas ao acaso em BRS Alegria.

Progênie	Altura de Planta	Rendimento		P 1.000	IC
		Biomassa	Sementes		
A3	128,00	5,3920	1,2610	0,8100	0,2339
A4	134,00	11,3060	2,9556	0,7900	0,2614
A14	120,00	7,9080	2,0492	0,8100	0,2591
A18	105,00	5,3160	1,4018	0,7400	0,2637
B2	160,00	11,2940	3,4946	0,8300	0,3094
B3	155,00	11,6960	3,4584	0,8500	0,2957
B6	135,00	8,0280	2,0712	0,7600	0,2580
B7	140,00	11,4520	3,4938	0,7900	0,3051
B11	130,00	7,8140	2,3342	0,7900	0,2987
B12	130,00	6,0960	1,6360	0,7900	0,2684
B24	130,00	8,7240	2,5734	0,8500	0,2950
B27	120,00	7,1220	2,0992	0,8300	0,2947
T	137,00	8,1292	2,2506	0,7600	0,2700

O efeito de variações de solo se tornou mais evidente em altura de plantas e rendimento, quando se comparam os valores médios gerais, por famílias e da testemunha e os respectivos coeficientes de variação (Tabela 8). Nestes últimos, os valores foram menores para altura de plantas, peso de sementes e índice de colheita. Portanto, as comparações por médias de rendimento, fatores diretamente ligados à produção comercial, não foram possíveis.

Tabela 8: Médias e coeficiente de variação para altura de plantas (cm), rendimento de biomassa e sementes (t ha⁻¹), peso de 1.000 sementes (P 1.000, g) e índice de colheita (IC) de genótipos de amaranto. EEB, Brasília, DF, 2011.

Média					
	Altura de Planta	Rendimento		P 1.000	IC
		Biomassa	Sementes		
Geral	134,16	8,3712	2,3464	0,79	0,2762
Família	132,25	8,5124	2,4024	0,80	0,2786
Testemunha	137,42	8,1212	2,2506	0,76	0,2720
Coeficiente de Variação					
Geral	11,9700	26,46	31,50	5,69	7,7104
Família	12,1400	26,02	30,77	5,57	7,6434
Testemunha	11,6900	27,25	32,84	5,92	7,8281

O coeficiente de variação apresentou valores elevados, mostrando possível inconsistência atribuída a variações locais de fertilidade de solo, observada pelo aspecto visual das plantas.

A análise de variância mostrou não existir diferenças entre famílias, consideradas por proximidade à testemunha, sendo as características individuais irrelevantes para seleção, para o conjunto de genótipos em estudo (Tabela 9).

Tabela 9: Análise de variância (CV) para altura de plantas (AP, cm), rendimento de biomassa e sementes (t ha⁻¹), peso de 1.000 sementes (P 1.000, g) e índice de colheita (IC) de genótipos de amaranto. EEB, Brasília, DF, 2011.

Parâmetro	QM	F	p
AP	0,0221	0,8576 n.s.	100,0000
R B	14.358,3197	1,1706 n.s.	0,4444
R S	1.603,8297	1,1742 n.s.	0,4428
P 1.000	0,0011	0,5682 n.s.	100,0000
IC	0,0006	1,2639 n.s.	0,4047

Quando se consideram os fatores genéticos e ambientais, medidos pela variância fenotípica, ambiental e genética, percebe-se reflexo direto de possíveis variações em fertilidade do solo afetando a expressão das diferenças genéticas por característica individual (Tabela 10). Como consequência, os valores de herdabilidade mostraram baixos para rendimento (Tabela 10).

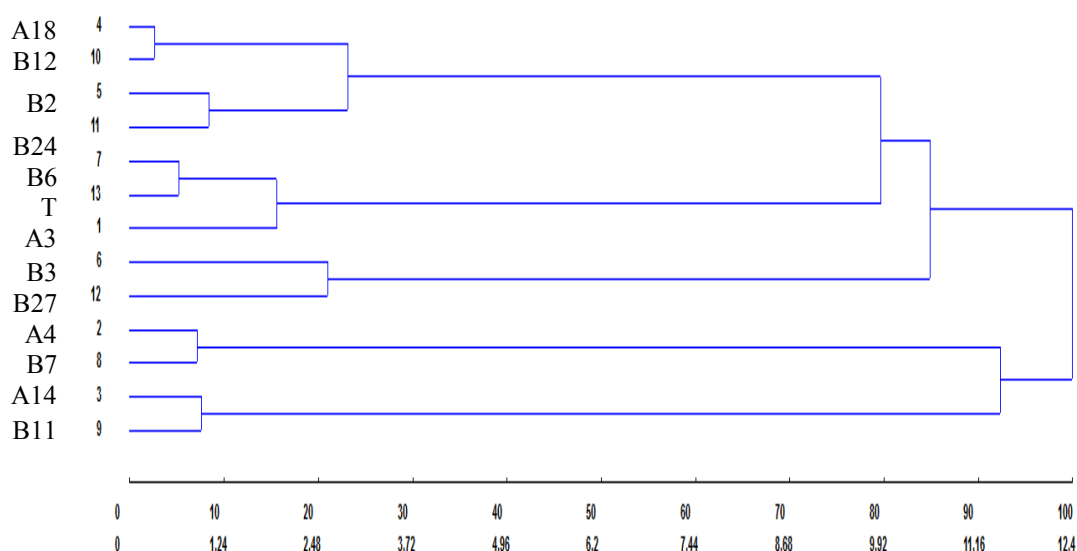
Entretanto, diferenças entre as progênies existem e foram confirmadas por análise multivariada, em que todos os parâmetros são considerados (Tabela 10).

No dendrograma (Figura 6) observou-se que progênies de híbridos naturais detectados no campo, provenientes de hibridações por proximidades entre variedades com características morfológicas distintas, formam novas combinações que podem ser aproveitadas na seleção.

Tabela 10: Variância fenotípica (VF), ambiental (VA) e genotípica (VG), herdabilidade (H), coeficiente de variação genético (CVG) e razão CVg : Cva para altura de plantas (AP), rendimento de biomassa e de sementes (RB e RS), peso de 1.000 sementes (P 1.000) e índice de colheita (IC).

Parâmetro	Variância			H	CVG	CVg : Cva
	VF	VA	VG			
A. P.	0,0221	0,0258	-	-	-	-
R B.	14.358,3197	12.265,3529	2.092,9669	14,5767	10,7489	0,4131
R S	1.603,8297	1.365,9019	237,9277	14,8350	12,8414	0,4174
P 1.000	0,0011	0,0020	-	-	-	-
IC	0,0006	0,0005	0,0001	20,8779	3,9263	0,5137

Figura 6: Dendrograma de similaridade para indivíduos escolhidos aleatoriamente em BRS Alegria (A) e de progênies de híbridos (B).



As progênies B2 e B7 foram as quem mostram maior produtividade, e a maior distância genética.

Na presente pesquisa, supõe-se que as progênies tenham se originado de híbridos entre variedades da mesma espécie, pela similaridade morfológica entre progênies híbridas e de plantas típicas selecionadas em BRS Alegria.

Quando se observaram as proximidades entre genótipos, percebeu-se que progênies originárias de BRS Alegria apresentaram variação fenotípica, podendo-se inferir que existiu diversidade residual que pode ser explorada (SPEHAR, 2007).

Pesquisas com os mesmos genótipos devem ser conduzidos em outros locais e em épocas de semeadura representativos e com maior controle de variáveis para se identificar os mais estáveis, para avanços no melhoramento genético de amaranto.

Estes resultados, ainda que preliminares, demonstraram que pode-se gerar variabilidade em amaranto, via cruzamentos naturais. Nos Andes, o método de seleção massal, provavelmente aproveita essas novas combinações, o que também pode ser praticado no Cerrado.

O uso de testemunhas intercaladas, em avaliação de progênies é uma ferramenta útil para auxiliar na seleção de progênies superiores em caracteres agrônômicos, para avaliações e obtenção de cultivares, além do seu emprego em novas seleções nas gerações posteriores.

Os efeitos das variações ambientais não controladas, dentro de limites, podem ser corrigidas, permitindo comparações entre genótipos no uso de testemunhas intercaladas.

5. CONCLUSÕES

Em amaranto BRS Alegria, novas combinações genótípicas com adaptabilidade ao Cerrado se originam de cruzamentos naturais, ensejando avanços no melhoramento genético.

As progênies B2 e B7 foram as que apresentaram melhores resultados de produção com maior distância genética entre elas que seria a melhor escolha para próximas seleções nos programas de melhoramento.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMAYAR-FARFAN, J.; MARCÍLIO, R.; SPEHAR, C.R. Deveria o Brasil investir em novos grãos para a sua alimentação? A proposta do Amarantho (*Amaranthus sp.*). *Segurança Alimentar e Nutricional*, Campinas, 12(1); p. 47-56, 2005.
- BRENNER, D. M.; BALTENSBERGER, D. D.; KULAKOW, P. A.; LEHMAN, J. W.; MYERS H. L.; SLABBERT, M. M.; SLEUGH, B. B. Genetic resources and breeding os *Amaranthus*. In: JANICK , J. (Ed.). **Plant breeding reviews**, v.19. 2000. p.227-285.
- BRESLER, G; VAAMONDE, G; DEGROSSI, C; PINTO, V. F. Amaranth grain as substrate for aflatoxin and zearalenone production at different water activity levels. **International Journal of Food Microbiology**, 42(1-2):57-61, 1998.
- COONS, M. P. O gênero *Amaranthus* em Minas Gerais. *Experientiae*, v.27, n.6, p.115-158. 1981.
- CRUZ, C.D. **Programa genes: versão windows; aplicativo computacional em genética e estatística**. Viçosa: UFV, 2001. 648p.
- DALOZ, C. Amaranth as a leaf vegetable: horticultural observations in a temperate cllimate. In AMARANTH CONFERENCE, 2. Rodade Research Center, Kutztown, PA, EUA. P. 68-73. 1979.
- GIMPLINGER, D. M.; DOBOS, G.; ERLEY. G. S.; KAUL, H. P. Optimum crop densities for potential yield and harvestable yield of grain amaranth are conflicting. *European Journal of Agronomy*, 28, p. 119-125, 2008.
- GUPTA, V. K. ; GUDU, S. Interspecific hybrids and possible phylogenetic relations in grain amaranths *Euphytica*, v. 52, n. 1, p. 33-38 1991.
- LEHMAN, J. W.; CLARK, R.L.; FREY, K. J. Biomass heterosis and combining ability in interspecific and intraspecific rating of grain amaranths, **Crop Science**, v.31, p.1111-1116. 1991.

MAPES, C. J.; CABALLERO, E.; ESPITIA, E.; BYE, R. A. Morphological variation in some Mexican species of vegetable *Amaranthus*: Evolutionary tendencies under somestication, Genetic Research and Crop Evolution, v. 43, n.3, p.511-516, 2003.

MUJICA-SÁNCHEZ, A.; BERTI-DÍAZ, M.; IZQUIERDO, J. El Cultivo Del Amaranto (*Amaranthus* spp.): producción, mejoramiento genético y utilización, FAO – Oficina Regional de La FAO para America Latina e El Caribe: Santiago, Chile. 1997.

NIETO, C. El cultivo de amaranto (*Amaranthus* spp): uma alternativa agronómica para Ecuador. INAP, EE. Santa Catalina. Publicación Miscelánea N°52. Quito, Ecuador. 1990.

RAMALHO, M. A. P.; FERREIRA, D. F.; OLIVEIRA, A. C. **Experimentação em genética e melhoramento de plantas**. 2ed. Lavras: UFLA, 2005. 326 p.

RIVERO, J. L. L. Genética y Mejoramiento de cultivos altoandinos. Puno, Peru: PIWA. 1994. 459 p.

ROBERTSON, K. R. The General of Amarantaceae in the south eastern United States. Journal of The Arnold Arboretum, v.62, n.3, p. 267-314. 1981.

SÁNCHEZ, M. A. **Potencial Agroindustrial del Amaranto**. Centro de Estudios Económicos y Sociales del Tercer Mundo. México. 1980.

SAUER, J. D. The grain amaranthus. A survey of their history and classification. Annals of the Missouri Botanical Garden, v.37. p.561-632. 1950.

SPEHAR , C. R., TEIXEIRA, D. L.; SANTOS, R. L.; Barros. Adaptação de pseudocereais ao cultivo no Brasil. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE MELHORAMENTO DE PLANTAS**, 1, 2001, Anais. Goiânia, GO. 2001. V. único. P.1-4.

SPEHAR, C. R. **Amaranto: opção para diversificar a agricultura e os alimentos**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2007.

SPEHAR, C. R. Diferenças morfológicas entre *Amaranthus cruentus*, cv. BRS Alegria e as plantas daninhas *A. hybridus*, *A. retroflexus*, *A. viridis* e *A. spinosus*. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v.21, n.3, p.481-485. 2003.

SPEHAR, C. R. Production systems in the savannas of Brazil: Key factors to sustainability. In: LAL, R. (Ed.) **Soil quality an agricultural sustainability**. Chelsea, Michigan: Ann Arbor Press, 1998. P.301-318.

SPEHAR, C. R. Validación, diffusion y desarrollo del amaranto y quinua para los sistemas de producción de granos em las sabanas Del Brasil. In Sánchez, A. M.; Izquierdo, J.; Marathe, J. P.; Morón, C.; Jacobsen, S. E. (Eds.) Reunión Técnica y Taller de Formulación de Proyecto Regional Sobre Producción y Nutrición Humana em Base a Cultivos Andinos. Arequipa, Peru, 1998. P.165-169. Lima: FAO/UNAP/UNSA/CIP. 1999.

SPEHAR, C. R., TEIXEIRA, D. L.; SANTOS, R. L.; LARA CABEZAS, W. A. L.; ERASMO, E. A. L. Amaranto BRS Alegria – alternativa para diversificar os sistemas de produção. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.39, n.1, p85-91, 2003.

SPEHAR, C. R.; LARA CABEZAS, W. A. R. Introdução e seleção de espécies para a diversificação do sistema produtivo nos Cerrados. In: LARA CABEZAS, W. A. R.; FREITAS, P. L. (Eds.). **Plantio direto na integração lavoura pecuária**. Uberlândia, MG: UFU. 2001. P.179-188.

SUMAR, K. L. Avances del programa de investigación de *Amaranthus* del CICA, Cusco, Perú. In PRIMER SEMINARIO NACIONAL DEL AMARANTO, Chapingo, México. P. 141-151. 1986.

TAPIA , M. Cultivos andinos subexplotados y su aporte a la alimentación. Santiago: Oficina Regional de La FAO para La América Latina y Caribe: Santiago, Chile. 1997.

7. Anexos

7.1 – Anexo A. Tabela 1: Componentes do grão de amaranto

Componentes do grão	%
Umidade	9,4
Proteínas	14,5
Açúcares solúveis	2,7
Amido	64,8
Lipídios	7,2
Fibras	8,4
Minerais	3,2

Fonte: KALINOWSKI (1982).

7.2 - Anexo B: Análise de agrupamento 1

Programa GENES		Análise de Agrupamento	
Arquivo		de	dados
C:\Users\Vitor\Desktop\Teste\Elaine\Temp.			
Número de variáveis		5	
Matriz dispersão		XXXXX	
Número de genótipos		13	
Padronização dos dados		Sim	
Arquivo de Saída		Temp	
Número de simulações		1000	
Método de agrupamento		Ligação Média Entre Grupo (UPGMA)	
Arquivo com rótulos			
Data		07-04-2011	

Informações Preliminares

Estágio	Acesso x	Acesso y	Distância	Distância (%)
1	4	10	,2543	16,4334
2	7	13	,3591	23,2067
3	2	8	,4204	27,1677
4	3	9	,4349	28,1055
5	5	11	,4564	29,4939
6	1	7	,5958	38,4986
7	4	5	,7131	46,0811
8	6	12	,7208	46,5794
9	1	4	1,3616	87,9877
10	1	6	1,4176	91,6045
11	2	3	1,502	97,0628
12	1	2	1,5475	100,

Ponto de Corte = média + kDP k = 1,25 - Mojema (1977)

Intervalos das 25 classes plotadas no dendrograma

Classe	LI	LS
1	,2543	,306
2	,306	,3578
3	,3578	,4095
4	,4095	,4612
5	,4612	,5129
6	,5129	,5647
7	,5647	,6164
8	,6164	,6681

9	,6681	,7198
10	,7198	,7716
11	,7716	,8233
12	,8233	,875
13	,875	,9268
14	,9268	,9785
15	,9785	1,0302
16	1,0302	1,0819
17	1,0819	1,1337
18	1,1337	1,1854
19	1,1854	1,2371
20	1,2371	1,2888
21	1,2888	1,3406
22	1,3406	1,3923
23	1,3923	1,444
24	1,444	1,4957
25	1,4957	1,5475

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA
36571-000 VIÇOSA - MG - BRASIL

7.3 - Anexo C: Análise de agrupamento 2

```

=====
Programa GENES                               Análise de Agrupamento
Arquivo                                     de                                dados
C:\Users\Vitor\Desktop\Teste\Elaine\Temp.
Número de variáveis                         5
Matriz dispersão                           XXXXX
Número de genótipos                        13
Padronização dos dados                    Sim
Arquivo de Saída                           Temp
Número de simulações                       1000
Método de agrupamento                     Ligação Média Entre Grupo (UPGMA)
Arquivo com rótulos
Data                                       07-06-2011
=====

```

Informações Preliminares

Estágio	Acesso x	Acesso y	Distância	Distância(%)	
1	4	10	,3233	2,6075	
2	7	13	,6448	5,1999	,7682
3	2	8	,8837	7,1265	,9688
4	3	9	,9458	7,6269	1,0523
5	5	11	1,0416	8,3991	1,1284
6	1	7	1,9336	15,5926	1,6388 *
7	6	12	2,5978	20,9487	2,1851 *
8	4	5	2,8689	23,1349	2,5821 *
9	1	4	9,8796	79,6697	6,0454 *
10	1	6	10,531	84,9223	7,9218 *
11	2	3	11,4511	92,3424	9,4062 *
12	1	2	12,4007	100,	10,6872 *

Ponto de Corte = média + kDP k = 1,25 - Mojema(1977)

Intervalos das 25 classes plotadas no dendrograma

Classe	LI	LS
1	,3233	,8064
2	,8064	1,2895
3	1,2895	1,7726
4	1,7726	2,2557

5	2,2557	2,7388
6	2,7388	3,2219
7	3,2219	3,705
8	3,705	4,1881
9	4,1881	4,6712
10	4,6712	5,1543
11	5,1543	5,6374
12	5,6374	6,1205
13	6,1205	6,6036
14	6,6036	7,0867
15	7,0867	7,5698
16	7,5698	8,0529
17	8,0529	8,536
18	8,536	9,0191
19	9,0191	9,5022
20	9,5022	9,9853
21	9,9853	10,4684
22	10,4684	10,9514
23	10,9514	11,4345
24	11,4345	11,9176
25	11,9176	12,4007

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
21	22	23	24	25																	
4		---		-----	-----																
10		---																			
5		-----		-----	-----																
11		-----																			
7		---		-----	-----																
13		---																			
1																					
6																					
12																					
2																					
8																					
3																					
9																					
21	22	23	24	25																	

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA
36571-000 VIÇOSA - MG - BRASIL

7.4 - Anexo D: Resultados da Anova

=====			
Programa GENES		FAMÍLIAS COM TESTEMUNHAS	
INTERCALARES	Arquivo	de	dados
	C:\Users\Vitor\Desktop\Teste\12genltest5carac_ANOVA_Elaine.txt		
	Número de variáveis	5	
	Número de genótipos	12	
	Número de testemunhas	1	
	Data	07-04-2011	
=====			

ANÁLISE DE VARIÂNCIA DA VARIÁVEL => x 1

FV	GL	SQ	QM	F
Probabilidade				
Famílias	11	,2434	,022127	,8576
Resíduo	6	,1548	,0258	100,0

MÉDIA geral	1,34157894736842
MÉDIA das famílias	1,3225
MÉDIA das testemunhas	1,37428571428571
CV(%) geral	11,9727418469977
CV(%) famílias	12,1454657120673
CV(%) testemunhas	11,687801333624

PARÂMETROS GENÉTICOS E AMBIENTAIS - Obtidos para famílias

VARIÂNCIA FENOTÍPICA (média)	,022127
VARIÂNCIA AMBIENTAL (média)	,0258
VARIÂNCIA GENOTÍPICA (média)	,0
HERDABILIDADE (US: média da família) - %	,
COEFICIENTE DE VARIAÇÃO GENÉTICO (%)	,
RAZÃO CVg/CVe	,

ANÁLISE DE VARIÂNCIA DA VARIÁVEL => x 2

FV	GL	SQ	QM	F
Probabilidade				
Famílias	11	157941,5167	14358,3197	1,1706
Resíduo	6	73592,1171	12265,35285	,444398

MÉDIA geral	418,557894736842
MÉDIA das famílias	425,616666666667
MÉDIA das testemunhas	406,457142857143
CV(%) geral	26,4596737721212
CV(%) famílias	26,0208450863046
CV(%) testemunhas	27,2474122896031

PARÂMETROS GENÉTICOS E AMBIENTAIS - Obtidos para famílias

VARIÂNCIA FENOTÍPICA (média)	14358,3197
VARIÂNCIA AMBIENTAL (média)	12265,35285
VARIÂNCIA GENOTÍPICA (média)	2092,96685
HERDABILIDADE (US: média da família) - %	14,5767
COEFICIENTE DE VARIAÇÃO GENÉTICO (%)	10,7489
RAZÃO CVg/CVe	,4131

ANÁLISE DE VARIÂNCIA DA VARIÁVEL => x 3

FV	GL	SQ	QM	F
Probabilidade				
Famílias	11	17642,1262	1603,829655	1,1742
Resíduo	6	8195,4115	1365,901917	,442808

MÉDIA geral	117,322105263158
MÉDIA das famílias	120,118333333333
MÉDIA das testemunhas	112,528571428571
CV(%) geral	31,5014039454112
CV(%) famílias	30,7680844968499

CV(%) testemunhas

32,8433124379148

PARÂMETROS GENÉTICOS E AMBIENTAIS - Obtidos para famílias

VARIÂNCIA FENOTÍPICA (média)	1603,829655
VARIÂNCIA AMBIENTAL (média)	1365,901917
VARIÂNCIA GENOTÍPICA (média)	237,927738
HERDABILIDADE (US: média da família) - %	14,835
COEFICIENTE DE VARIAÇÃO GENÉTICO (%)	12,8414
RAZÃO CVg/Cve	,4174

ANÁLISE DE VARIÂNCIA DA VARIÁVEL => x 4

FV	GL	SQ	QM	F
Probabilidade				
Famílias	11	,0125	,001136	,5682
Resíduo	6	,012	,002	100,0
MÉDIA geral		0,78578947368421		
MÉDIA das famílias		0,803333333333333		
MÉDIA das testemunhas		0,755714285714286		
CV(%) geral		5,69126477863309		
CV(%) famílias		5,5669742178418		
CV(%) testemunhas		5,9177602429106		

PARÂMETROS GENÉTICOS E AMBIENTAIS - Obtidos para famílias

VARIÂNCIA FENOTÍPICA (média)	,001136
VARIÂNCIA AMBIENTAL (média)	,002
VARIÂNCIA GENOTÍPICA (média)	,0
HERDABILIDADE (US: média da família) - %	,
COEFICIENTE DE VARIAÇÃO GENÉTICO (%)	,
RAZÃO CVg/Cve	,

ANÁLISE DE VARIÂNCIA DA VARIÁVEL => x 5

FV	GL	SQ	QM	F
Probabilidade				
Famílias	11	,006304	,000573	1,2639
Resíduo	6	,002721	,000453	,404684
MÉDIA geral		0,2761724378421052631578947368		
MÉDIA das famílias		0,278593336833333333333333333333		
MÉDIA das testemunhas		0,2720223252857142857142857143		
CV(%) geral		7,7104402309324507292065859294		
CV(%) famílias		7,6434386393324490739300829459		
CV(%) testemunhas		7,8280746742969248421619965593		

PARÂMETROS GENÉTICOS E AMBIENTAIS - Obtidos para famílias

VARIÂNCIA FENOTÍPICA (média)	,000573
VARIÂNCIA AMBIENTAL (média)	,000453
VARIÂNCIA GENOTÍPICA (média)	,00012
HERDABILIDADE (US: média da família) - %	20,8779
COEFICIENTE DE VARIAÇÃO GENÉTICO (%)	3,9263
RAZÃO CVg/Cve	,5137

COVARIÂNCIAS FENOTÍPICAS						
,022127	13,967591	4,749977	,002545	,001765		
13,967591	14358,3197	4692,001482	1,632845	1,684761		
4,749977	4692,001482	1603,829655	,614814	,705246		
,002545	1,632845	,614814	,001136	,000359		
,001765	1,684761	,705246	,000359	,000573		
COVARIÂNCIAS GENOTÍPICAS						
-,003673	,125374	,013394	,004362	-,001268		
,125374	2092,96685	606,640882	1,272562	-,605589		
,013394	606,640882	237,927738	,514905	-,067614		
,004362	1,272562	,514905	-,000864	,000377		
-,001268	-,605589	-,067614	,000377	,00012		
COVARIÂNCIAS RESIDUAIS						
,0258	13,842217	4,736583	-,001817	,003033		
13,842217	12265,35285	4085,3606	,360283	2,29035		
4,736583	4085,3606	1365,901917	,099908	,77286		
-,001817	,360283	,099908	,002	-,000018		
,003033	2,29035	,77286	-,000018	,000453		
CORRELAÇÕES FENOTÍPICAS						
1,	,7836	,7973	,5076	,4957		
,7836	1,	,9777	,4042	,5873		
,7973	,9777	1,	,4554	,7356		
,5076	,4042	,4554	1,	,445		
,4957	,5873	,7356	,445	1,		
CORRELAÇÕES GENOTÍPICAS						
1,	99,	99,	99,	99,		
99,	1,	,8597	99,	-,12102		
99,	,8597	1,	99,	-,4007		
99,	99,	99,	1,	99,		
99,	-,12102	-,4007	99,	1,		
CORRELAÇÕES RESIDUAIS						
1,	,7781	,7979	-,2529	,8867		
,7781	1,	,9981	,0727	,9712		
,7979	,9981	1,	,0604	,982		
-,2529	,0727	,0604	1,	-,0186		
,8867	,9712	,982	-,0186	1,		
MÉDIAS DAS TESTEMUNHAS						
13	7	1,3743	406,4571	112,5286	,7557	,2720

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA
36571-000 VIÇOSA - MG - BRASIL

7.5 – Anexo E: Matriz com os valores de dissimilaridade

0,0000	1,4345	1,1560	0,7293	1,1430	1,5161	0,7741	1,0706	1,5340	0,8798	1,5420	0,9255	0,4175
1,4345	0,0000	1,5236	1,4804	1,7280	2,1133	1,6950	0,4204	1,7428	1,5505	2,0126	1,6624	1,5165
1,1560	1,5236	0,0000	1,0316	1,3492	1,8251	1,7048	1,2230	0,4349	1,1443	1,6939	1,2741	1,4246
0,7293	1,4804	1,0316	0,0000	0,6031	1,5867	1,4474	1,0777	1,4473	0,2543	1,0593	0,9001	1,0967
1,1430	1,7280	1,3492	0,6031	0,0000	1,6552	1,6889	1,3947	1,6860	0,3700	0,4564	1,1342	1,3925
1,5161	2,1133	1,8251	1,5867	1,6552	0,0000	1,8153	1,8411	2,0866	1,6622	1,8549	0,7208	1,6400
0,7741	1,6950	1,7048	1,4474	1,6889	1,8153	0,0000	1,4773	1,9764	1,5236	1,9769	1,4710	0,3591
1,0706	0,4204	1,2230	1,0777	1,3947	1,8411	1,4773	0,0000	1,5187	1,1764	1,7346	1,3058	1,2330
1,5340	1,7428	0,4349	1,4473	1,6860	2,0866	1,9764	1,5187	0,0000	1,5296	1,9701	1,6283	1,7427
0,8798	1,5505	1,1443	0,2543	0,3700	1,6622	1,5236	1,1764	1,5296	0,0000	0,8199	1,0275	1,1928
1,5420	2,0126	1,6939	1,0593	0,4564	1,8549	1,9769	1,7346	1,9701	0,8199	0,0000	1,4692	1,7261
0,9255	1,6624	1,2741	0,9001	1,1342	0,7208	1,4710	1,3058	1,6283	1,0275	1,4692	0,0000	1,1880
0,4175	1,5165	1,4246	1,0967	1,3925	1,6400	0,3591	1,2330	1,7427	1,1928	1,7261	1,1880	0,0000