



UNIVERSIDADE
E D U A R D O
MONDLANE

FACULDADE DE AGRONOMIA E ENGENHARIA FLORESTAL

Departamento de Engenharia Rural

Mestrado em Gestão de Solos e Água

Avaliação de linhas de arroz na tolerância à salinidade do solo

Autor:

Joaquim Luís Meneses

Supervisores:

Prof. Doutor Daniel Chongo

Prof^ª. Doutora Maria Zélia Menete

Maputo, Janeiro de 2017

FACULDADE DE AGRONOMIA E ENGENHARIA FLORESTAL

Departamento de Engenharia Rural

Mestrado em Gestão de Solos e Água

Avaliação de linhas de arroz na tolerância à salinidade do solo

Autor:

Joaquim Luís Meneses

Supervisores:

Prof. Doutor Daniel Chongo

Prof^a. Doutora Maria Zélia Menete

Dissertação apresentada à Faculdade de Agronomia e Engenharia Florestal como requisito para obtenção do título de Mestre em Gestão de Solos e Água

Maputo, Janeiro de 2017

DECLARAÇÃO DE HONRA

Declaro que esta dissertação de Mestrado em Gestão de Solos e Água da Faculdade de Agronomia e Engenharia Florestal da Universidade Eduardo Mondlane é da minha autoria, e que a mesma nunca foi submetida ou examinada por uma outra Universidade. A autenticidade dos resultados desta dissertação tem como testemunha os supervisores da mesma.

O Declarante

(Joaquim Luís Meneses)

Maputo, Janeiro de 2017

DEDICATÓRIA

Aos meus pais,

Berta Mateus Meneses e Luís Meneses (in memorian) pela luta e perseverança para que todos os filhos pudessem estudar.

Aos meus irmãos,

Inês, Ana, Felisberto, Fábria, Elvira (in memorian), Emília, Luísa, Ónelio e Cristina, por dividirem comigo o incentivo dos nossos pais.

A Deus,

Por permitir que eu realizasse esse sonho.

Aos meus filhos,

Emília, Poltésio e Cristina, pelo apoio e paciência nos momentos mais difíceis desta jornada.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ...

À Aliança para a Revolução Verde em África (AGRA) pelo apoio no financiamento deste estudo.

À Faculdade de Agronomia e Engenharia Florestal (FAEF) da Universidade Eduardo Mondlane (UEM) e todos os professores da nossa convivência, especialmente no Departamento de Engenharia Rural, Curso de Gestão de Solos e Água pela oportunidade e o privilégio da convivência amigável e produtiva.

À direcção da Universidade Pedagógica, Delegação de Quelimane, pelo apoio e incentivo, por permitir a realização desta pesquisa e por me libertar das actividades na Delegação durante esse período.

Aos Professores Doutores Daniel Chongo e Maria Zélia Menete, pela orientação, confiança, incentivo e disponibilidade durante o curso.

Ao Mestre José Moderafa Magia que pelo conhecimento e experiência que tem na área da cultura de arroz, deu um grande contributo na realização deste trabalho.

Aos colegas de turma do Curso de Gestão de Solos e Água pelo companheirismo e incentivo, especialmente aos do Ramo de Solos engenheiros Orlando Tuco-Tuco, Dionísio Varela, Olga Chaguala e Dulce Mabote e outros de Ramo de Água que, nos momentos difíceis, estavam sempre com as mãos estendidas para ajudar e colaborar.

Aos técnicos do Instituto de Investigação Agrária de Moçambique (IIAM) em Chókwè, Eng^o Tomás António Massingue, senhor Calvino André Chauque e os camponeses do regadio de Chókwè pelo auxílio na implantação, condução, controlo de pássaros e colecta de dados do experimento na Estação Agrária local.

Aos professores, funcionários e demais colegas da FAEF e a todos que, directa ou indirectamente, auxiliaram, o meu muito obrigado.

LISTA DE ABREVIATURAS

ANOVA	Análise de variância
BMM	Bolsa de Mercadorias de Moçambique
cm	Centímetros
°C	Graus centígrados
CE_a	Condutividade elétrica de água irrigada
CE_{ad}	Condutividade elétrica de água de drenagem
CE_e	Condutividade elétrica de extrato saturado
CR	Comprimento radicular
DTS	Delineamento de Talhões Subdivididos
Dm	Decímetros
dS	DeciSiemens
e-est	Espiguetas estéreis
e-nest	Espiguetas não estéreis
FAEF	Faculdade de Agronomia e Engenharia Florestal
FAO	Fundo das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação
FAOSTAT	Organização da Agricultura e Alimentação da Divisão Estatística das Nações Unidas
G/g	Gramas
Ha/ha	Hectares
IIAM	Instituto de Investigação Agrária de Moçambique
INE	Instituto Nacional de Estatística
IRRI	Instituto Internacional de Pesquisa de Arroz
l	Litros
Kg	Quilogramas
m	Metros
MADER	Ministerio de Agricultura e Desenvolvimento Rural
MAE	Ministério de Administração Estatal
ms	Matéria seca
Nacl	Cloreto de sódio
PA	Parte aérea da planta
R	Parte radicular da planta
Rend	Rendimento
SEMOC	Sementes de Moçambique
T	Tratamento
TA	Teor de água da parte aérea
TIA	Trabalho de Inquérito Agrícola
Ton	Toneladas
UEM	Universidade Eduardo Mondlane
USAID	Agência Internacional de Desenvolvimento dos Estados Unidos

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Subespécies do arroz dos grupos índica e japônica.....	6
Tabela 2: Coordenadas do local do ensaio do arroz.....	14
Tabela 3: Descrição dos tratamentos.....	16
Tabela 4: Tabela de análise de variância (ANOVA).....	22
Tabela 5: Resultados das análises física e químicas do solo nas três áreas do ensaio	23
Tabela 6: Resultados das análises de amostras da água de rega	24
Tabela 7: Resumo da análise de variância e coeficiente de variação para as variáveis altura da planta, número de folhas, número de perfilhos, matéria seca da parte aérea, matéria seca da parte radicular, relação matéria se da parte radícula e da parte aérea, matéria seca da planta, espiguetas não estéreis, espiguetas estéreis, peso de 1 000 grãos e rendimento do grão de arroz	25
Tabela 8: Interação entre linha e salinidade do solo na altura das plantas do arroz	26
Tabela 9: Interação entre os factores linha e salinidade do solo na matéria seca da parte radicular das plantas do arroz.....	35
Tabela 10: Interação entre linha e salinidade do solo no rendimento do grão do arroz	44
Tabela 11: Coeficientes de correlação de Pearson entre a altura da planta, número de folhas, número de perfilhos, matéria seca da parte aérea, matéria seca da parte radícula, relação matéria seca da parte radicular e parte aérea, matéria seca da planta, espiguetas não estéreis, espiguetas estéreis, peso de 1 000 grãos e rendimento do grão de arroz	45

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Mapa de localização do ensaio do arroz.....	15
Figura 2: Comparação de médias da altura das plantas nos diferentes linhas e variedade nos diferentes níveis de salinidade do solo	28
Figura 3: Comparação de médias de número de folhas nos diferentes níveis de salinidade do solo ...	30
Figura 4: Comparação de médias do número de perfilhos das diferentes linhas e variedade de arroz	31
Figura 5: Comparação de médias de número de perfilhos nos diferentes níveis de salinidade do solo	32
Figura 6: Comparação de médias da matéria seca da parte aérea nos diferentes níveis de salinidade do solo.....	34
Figura 7: Comparação de médias da matéria seca da planta nos diferentes níveis de salinidade do solo	39
Figura 8: Comparação de médias de número de espiguetas não estéreis das linhas e variedade.....	41
Figura 9: Comparação de médias do número de espiguetas não estéreis nos diferentes níveis de salinidade do solo.....	42
Figura 10: Comparação de médias do peso de 1 000 grãos das linhas e a variedade de arroz	43
Figura 11: Comparação de médias do número de espiguetas estéreis nos diferentes níveis de salinidade do solo.....	47
Figura 12: Rendimento do grão das linhas e variedade do arroz em função dos níveis de salinidade do solo.....	48

LISTA DE ANEXOS

Anexo 7.1: Layout do ensaio	57
Anexo 7.2: Disposição das unidades experimentais	60
Anexo 7.3: Análise de variância (ANOVAS) das variáveis medidas.....	61
Anexo 7.4: Coeficiente de correlação linear de Pearson (r_{xy})	62
Anexo 7.5: Ficha de levantamento de dados da altura das plantas, número de folhas e número de perfilhos medidos de 15 em 15 dias.....	63
Anexo 7.6: Ficha de levantamento de dados de número espiguetas não estéreis e espiguetas estéreis	66
Anexo 7.7: Ficha de levantamento de dados de peso da parte aérea (PA) e radicular (R)	69
Anexo 7.8: Ficha de peso de 1 000 grãos de arroz em gramas	73
Anexo 7.9: Base de dados das variáveis medidas.....	74

RESUMO

A área de solos salinos continua a aumentar devido a práticas inadequadas de irrigação e drenagem. O efeito da salinidade do solo sobre as plantas tem sido objecto de vários estudos, devido ao estresse que a salinidade causa nos factores que limitam o crescimento e a produtividade de arroz, bem como na qualidade de produção. O propósito deste trabalho foi avaliar o efeito da salinidade do solo sobre o desempenho agronómico de linhas de arroz (*Oryza sativa* L.) adquiridas nas Filipinas. As variáveis medidas foram altura de plantas, número de folhas por planta, número de perfilhos, número de espiguetas estéreis e não estéreis por planta, matéria seca da parte aérea e radicular, relação raiz/parte aérea e o rendimento das linhas de arroz. O experimento foi conduzido no Sistema de Regadio Eduardo Mondlane, SIREMO, distrito de Chókwè no Delineamento em Blocos Subdivididos (DBS) e os tratamentos foram arrançados num factorial (3*4), onde foram testados 3 níveis de salinidade do solo – CE_e (<1.0; 1.0-3.0 e >3.0 deciSiemens por metro-dS/m) em 3 linhas de arroz de Filipinas IR86384-58-2-1-B (L1), IR88358-B-AJY1-B (L2) e IR77664-B-B-25-1-2-1-3-12-5-AJY1 (L3) e uma variedade local Limpopo (V4) em 3 repetições. Depois da análise estatística usando o teste de Fischer a nível de significância de 5% todas as variáveis medidas nas linhas de arroz L1 e L3 foram afectadas negativamente pelo aumento da salinidade e apresentaram rendimentos médios gerais do ensaio de 5.5 ton.ha⁻¹. A linha L2 foi a mais tolerante a salinidade do solo ao registar maior rendimento de todas as linhas com 7.7 ton.ha⁻¹ seguida da variedade Limpopo com 6.8 ton.ha⁻¹ em condições de CE_e >3.0 dS/m.

Palavras-chave: Salinidade do solo, *Oryza sativa* (L.), produtividade do arroz.

ABSTRACT

The area of saline soils continues to increase due to inadequate irrigation and drainage practices. The effect of soil salinity on plants has been the subject of several studies, due to the stress that salinity causes on factors which limit rice growth and yield, as well as the quality of production. The purpose of this work was to evaluate the effect of soil salinity on the agronomic performance of rice (*Oryza sativa* L.) lines acquired in the Philippines. The variables measured were plant height, number of leaves per plant, number of tillers, number of sterile spikelets and no sterile per plant, dry matter of shoot and root, root/shoot ratio and yield of rice lines. The experiment was conducted in the Eduardo Mondlane Irrigation Scheme, Chókwé District, in the Subdivided Treatment Delineation (STD) and the treatments were arranged in a factorial (3*4), where the 3 levels of soil salinity - ECe (<1.0; -3.0 and > 3.0 deciSiemens per meter-dS/m) in 3 Philippine rice lines IR86384-58-2-1-B (L1), IR88358-B-AJY1-B (L2) and IR77664-BB-25-1- 2-1-3-12-5-AJY1 (L3) and a local Limpopo variety (V4) in 3 replicates. After the statistical analysis using the Fischer test at a significance level of 5%, all the variables measured in the L1 and L3 rice lines were negatively affected by the increase in salinity and presented mean yields of 5.5 tons per hectar. The L2 line was the most tolerant to soil salinity as it recorded the highest yield of all lines with 7.7 tons per hectar followed by the Limpopo variety with 6.8 tons per hectar for the ECe > 3.0 dS/m salinity conditions.

Key words: Soil salinity, *Oryza sativa* (L.), rice yield.

ÍNDICE

CONTEÚDOS	Pág.
DECLARAÇÃO DE HONRA.....	i
DEDICATÓRIA	ii
AGRADECIMENTOS	iii
LISTA DE ABREVIATURAS	iv
LISTA DE TABELAS	v
LISTA DE FIGURAS.....	vi
LISTA DE ANEXOS.....	vi
RESUMO.....	vii
ABSTRACT.....	viii
I. INTRODUÇÃO.....	1
1.1. Generalidades	1
1.2. Problema de Estudo e Justificação	2
1.3. Objectivos.....	4
1.3.1. Geral.....	4
1.3.2. Específicos	4
1.4. Hipóteses	5
II. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	6
2.1. Origem do arroz	6
2.2. Crescimento e desenvolvimento da cultura de arroz.....	7
2.3. Principais pragas e doenças da cultura de arroz	8
2.4. Exigências edafoclimáticas da cultura de arroz	8
2.5. Alguns estudos realizados sobre tolerância da cultura de arroz a salinidade.....	9
2.6. Salinidade de solos	9
2.7. Alguns estudos realizados sobre a produtividade do arroz	12
III. MATERIAIS E MÉTODOS	14
3.1. Descrição do Local de Estudo.....	14
3.2. Descrição dos tratamentos.....	15
3.3. Descrição das linhas e variedade Limpopo usadas no ensaio	16
3.4. Práticas Culturais.....	17
3.4.1. Preparação do terreno	17

3.4.2.	Transplante.....	18
3.4.3.	Adubação	18
3.4.4.	Controle de pragas, doenças e infestantes.....	18
3.4.5.	Rega das plantas.....	18
3.4.6.	Colheita.....	19
3.5.	Desenho experimental do ensaio.....	19
3.5.1.	Delineamento experimental do ensaio	19
3.5.2.	Dimensões do ensaio e layout.....	19
3.6.	Variáveis Medidas.....	20
3.7.	Análise de dados.....	20
IV.	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	23
4.1.	Análise química e física do solo e água de rega.....	23
4.2.	Resumo da análise de variância das variáveis medidas	24
4.2.1.	Altura da planta.....	26
4.2.2.	Número de folhas	28
4.2.3.	Número de perfilhos	30
4.2.4.	Matéria seca da Parte Aérea (PA), matéria seca da Parte Radicular (R) e relação Raiz parte Aérea (R/PA) da planta	33
4.2.5.	Relação raiz parte aérea (R/PA).....	37
4.2.6.	Matéria seca da planta.....	38
4.2.7.	Espiguetas não estéreis e estéreis.....	39
4.2.8.	Peso de 1 000 grãos.....	42
4.2.9.	Rendimento do grão do arroz.....	43
4.3.	Análise de correlação entre as variáveis medidas	44
4.4.	Análise de regressão entre a salinidade e o rendimento grão.....	47
V.	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	49
5.1.	Conclusões	49
5.2.	Recomendações.....	49
VI.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	51

I. INTRODUÇÃO

1.1. Generalidades

O arroz (*Oryza sativa* L.) é uma cultura monocotiledónea da família das gramíneas (*Poaceae*) e originária das Himalais e é maioritariamente cultivada na zona tropical. O arroz possui uma grande importância para a alimentação humana, pois ele é rico em carboidratos, proteínas, vitaminas e minerais importantes na alimentação humana (Soares, 2012; www.aparroz.org).

O arroz é o segundo cereal mais produzido no mundo e o principal alimento consumido por mais da metade da população no planeta, está entre as culturas de maior importância no mundo com uma produção anual de 680.6 milhões de toneladas, sendo que o trigo e o milho ocupam o primeiro e terceiro lugar respectivamente (Soares, 2012; www.aparroz.org).

A China é o maior produtor mundial de arroz tendo conseguido nos anos 2012 e 2013 uma produção de mais de 205 milhões de toneladas em áreas que se aproximam em 30 milhões de hectares com rendimentos de cerca de 6.8 ton.ha⁻¹, a Índia é o segundo maior produtor de arroz com uma produção de cerca de 159 milhões de toneladas numa área estimada em 43.5 milhões de hectares com rendimentos de 3.7 ton.ha⁻¹ (Lemes *et al.*, 2012; Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura [FAO] (2013); Mudema e Manjate, 2014; Siqueira, 2010).

A produção de arroz em África foi de 14.20 milhões de toneladas em 2006. O Sul de África, apresenta níveis mais baixos de produção contribuindo com cerca de 1.41% da produção do continente e o Oeste da África é que contribui com 65.53% e a África oriental com 32.39% de acordo com a Bolsa de Mercadorias de Moçambique [BMM] & Instituto Nacional de Estatística [INE] (2016).

Com uma área cultivada de 637 300 ha em 2008, o arroz é a terceira principal cultura de consumo no grupo dos cereais depois do milho e o trigo em Moçambique (INE, 2013). Ocupa a quarta posição na produção das principais culturas alimentares com uma produção de cerca de 280 000 toneladas (arroz com casca) em 2012. Em termos do valor de produto, este cereal ocupa a terceira posição depois da mandioca e milho. E dentre os cereais, o arroz é mais importante depois de milho em termos de valor de produção de acordo com o Trabalho de Inquérito Agrícola [TIA] (2008).

O TIA (2002-2012) mostra que a taxa de crescimento da produção de arroz é estimada em 6.9% por ano, o período em consideração, Mosca (2011) referiu que em Moçambique o consumo médio de arroz é cerca de 20.3 kg/ano/pessoa.

Em Moçambique, a produção de arroz é feita maioritariamente pelas pequenas explorações que representam cerca de 96.12% do número total de produtores, seguida pelas grandes e médias explorações com 2.29% e 1.6% respectivamente. Em termos de distribuição da cultura de arroz em números de explorações como cultura alimentar básica por província, a província da Zambézia representa 45.26%, seguida de Sofala com 32.01%, Nampula com 14.46%, Inhambane com 5.97% e Gaza com 4.91% (INE, 2011). De acordo com Mudema e Manjate (2014), o potencial de produção deste cereal situa-se em cerca de 900 mil hectares de terra para o cultivo. De acordo com as estimativas da FAO (2013), nos anos de 2012 e 2013 houve uma produção de cerca de 280 000 e 351 000 toneladas em áreas que variavam de 238 000 a 300 000 ha, tendo-se observado rendimentos na ordem de 1.17 ton.ha⁻¹.

Vários factores limitam a produção da cultura de arroz, como por exemplo, o ataque de pragas e doenças (Santos *et al.*, 2011), adubação e particularmente a salinidade dos solos e/ou da água de irrigação, pois segundo Hogue (2007), o arroz é maioritariamente cultivado em condições alagadas e em zonas com grandes extensões de solos salinos.

1.2. Problema de Estudo e Justificação

O arroz é uma cultura de elevada importância na dieta alimentar da população no geral e para os Moçambicanos em particular, pois ela é fonte de amido (80% do grão), proteínas (possui oito aminoácidos essenciais), ferro, potássio, fósforo, magnésio, vitaminas B1, B2 e B6, niacina e fibra (www.aparroz.org). Apesar do seu reconhecimento, tanto na segurança alimentar assim como no suprimento de calorias, proteínas e vitaminas, os rendimentos obtidos pelos pequenos agricultores são baixos e a FAO (2012/2013) cita um valor de 1.17 ton.ha⁻¹ para Moçambique valor relativamente baixo em relação aos rendimentos atingidos na China nos anos 2012/2013 que atingiram cerca de 6.8 ton. ha⁻¹.

A salinidade dos solos é um dos estresses abióticos mais severos para diversas espécies de culturas. Actualmente 6% das áreas aráveis do planeta apresentam limitação devido aos níveis de salinidade presentes no solo, estima-se que até o ano de 2050, 50% dos solos aráveis apresentem limitações devido a salinidade dos solos (Danielowski, 2013). Devido a este problema, Lima *at al* (2010), menciona que a estimativa da FAO adverte que aproximadamente 50% dos 250 milhões de hectares irrigados no mundo já apresentam

problemas de salinização do solo e que 10 milhões de hectares são abandonados anualmente em virtude desses problemas.

Os baixos rendimentos de arroz observados em Moçambique podem estar associados a vários factores tais como, pragas e doenças, fraco manejo da cultura, baixa fertilidade dos solos, o uso de variedades menos produtivas e o uso de variedades susceptíveis a salinidade dos solos e/ou da água de irrigação nos campos de cultivo.

Segundo Medeiros *et al.* (2010), em ambientes de alta concentração de sais as plantas podem sofrer o estresse de três formas: o osmótico, competição e tóxico. De acordo com Mudema e Manjate (2014), em Moçambique, a salinidade de solos ocorre maioritariamente em algumas zonas de produção de arroz como nas províncias de Zambézia, Sofala e Nampula apresentando áreas com certas limitações ao cultivo deste cereal. No entanto, Lemes *et al.* (2012), referem que a salinidade é um dos mais importantes factores de estresse abiótico que afecta diversos aspectos fisiológicos, bioquímicos e reduz significativamente os rendimentos das plantas.

O Regadio de Chókwè, onde se realizou o ensaio, situa-se numa planície aluvial do vale do Limpopo, conhecida como *manangas*-depósitos aluviais ribeirinhos sobre-jacentes a sedimentos marinhos (portanto salinos). Assim, a crónica falta de manutenção do sistema de drenagem levou a redução da área irrigada, devido a salinização dos solos que se tornaram impróprios para a agricultura, que se calcula em cerca de 10 000 ha e este Regadio actualmente cobre unma área total de 33 848 ha (Ganho & Woodhouse, 2014).

Os efeitos negativos da salinidade estão directamente relacionados ao crescimento e rendimento das plantas e, em casos extremos, na perda total da cultura. Pode, inclusive, prejudicar a própria estrutura do solo, pois a adsorção de sódio pelo solo, proveniente de águas dotadas de elevados teores deste elemento, poderá provocar a dispersão das fracções de argila e, conseqüentemente, diminuir a permeabilidade do solo (Lima *et al.*, 2010).

De acordo com Carmona (2011) e Medeiros *et al.* (2010), os efeitos da salinidade nas plantas dependem do seu período de desenvolvimento. A cultura de arroz sofre os efeitos de salinidade, especialmente na fase de desenvolvimento plântula e na fase reprodutiva. A salinidade da água de irrigação pode causar danos irreversíveis na cultura de arroz ocasionando diminuição do afilhamento, esterilidade de espiguetas, morte de plantas e

consequentemente no baixo rendimento da cultura. Porém a cultura de arroz passa a ser sensível a salinidade quando a CE_e é maior que 3.0 dS/m.

Num estudo realizado no Regadio de Chókwè na província de Gaza, Menete (2005), testou duas variedades de arroz (IR52 e ITA 312) submetendo a dois níveis de salinidade de solos (sem sal e com salinidade moderada) com uma condutividade eléctrica ($CE_{1,2,5}$) de 0.1 – 0.2 e 0.8 – 1.4 dS/m respectivamente e constatou que o rendimento foi significativamente afectado com a salinidade moderada.

Segundo Rodrigues *et al.* (2005), a área salina continua aumentando em função da utilização inadequada das práticas de irrigação e drenagem. Carmona (2011) refere que não apenas o excesso de sais na água de irrigação pode causar danos directos à cultura, mas a entrada de água salina nos campos de cultivo do arroz pode ocasionar acumulação, principalmente, de NaCl no solo.

De acordo com Campos e Assunção (1990) e Lima *et al.* (2010), a recuperação dos solos salinos é uma prática muito dispendiosa, cuja inviabilidade económica, em muitos casos, torna impraticável a sua realização. No entanto, os mesmos autores referem que, em alguns estudos usando variedades de arroz tolerantes à salinidade em solo salinizado, obteve-se rendimentos de cerca de 4.8 e 5.8 ton.ha⁻¹. No entanto, o IIAM-Zambézia pretende libertar novas variedades de arroz, deste modo, esse estudo irá contribuir com informação sobre a tolerância dessas novas variedades à salinidade, visto que ainda não existem estudos sobre tolerância à salinidade feito para essas variedades em Moçambique.

1.3. Objectivos

1.3.1. Geral

- Avaliar a tolerância à salinidade do solo das linhas de arroz no regadio de Chókwè.

1.3.2. Específicos

- Caracterizar as diferentes linhas de arroz em função do seu comportamento aos níveis de salinidade do solo;
- Identificar às linhas de arroz tolerantes a salinidade do solo;
- Determinar o rendimento e os seus respectivos componentes em diferentes níveis de salinidade do solo;

1.4. Hipóteses

Ha: Pelo menos uma das médias dos rendimentos das diferentes linhas de arroz diferem das restantes.

Ha: Os diferentes níveis de salinidade do solo têm efeito sobre o rendimento e os seus respectivos componentes.

II. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Origem do arroz

Origem

O arroz (*Oryza sativa* L.) é uma planta monocotiledónea da família das gramíneas (*Poaceae*). Há estudos genéticos que referem que foi o arroz selvagem (*Oryza rufipogon*) que deu origem ao arroz asiático que se julga ter surgido nos Himalaias originando, devido às diferenças climáticas, duas subespécies diferentes: *Oryza sativa* var. *Indica* do lado indiano e *Oryza sativa* var. *Japonica* do lado chinês. Além do arroz asiático existe outra espécie cultivada de origem africana - *Oryza glaberrima* Steur. Enquanto o arroz africano é cultivado há 3 500 anos, na China o seu cultivo iniciou-se há cerca de 7 000 anos. Como consequência da sua vasta história enquanto cultivo, existe actualmente um grande número de variedades, estimando-se em cerca de 120 000 (Marques, 2009).

Os grupos (subespécies) ou raças ecogeográficas são índica, japônica e javânica ou japônica tropical. A distinção entre as três subespécies, alicerçadas em características morfológicas, nem sempre é clara, em razão de um grande número de formas intermediárias e híbridas. Entretanto, há diferenças de natureza fisiológicas que permitem separá-las. São identificadas principalmente pela esterilidade parcial ou total de seus híbridos (Soares, 2012). A Tabela 1 mostra as principais características de cada grupo.

Tabela 1: Subespécies do arroz dos grupos índica e japônica

Grupo índica	Grupo Japônica
Folhas verde-claras, longas e inclinadas	Folhas verde-escuras, estreitas e eretas
Grãos delgados	Grãos curtos e arredondados
Alto perfilhamento	Perfilhamento médio
Porte alto	Porte baixo
Fácil degrana natural	Difícil degrana natural
Sensibilidade variável ao fotoperíodo	Insensível ou baixa sensibilidade ao fotoperíodo
Conteúdo médio a alto de amilose	Baixo conteúdo de amilose
Grãos com aspecto seco, suave e pouco desintegrado na cocção	Grãos são pegajosos e tendem a desintegrar-se na cocção
Baixa resposta ao N	Maior resposta ao N
Menor tolerância a baixa temperatura	Tolerantes à baixa temperatura

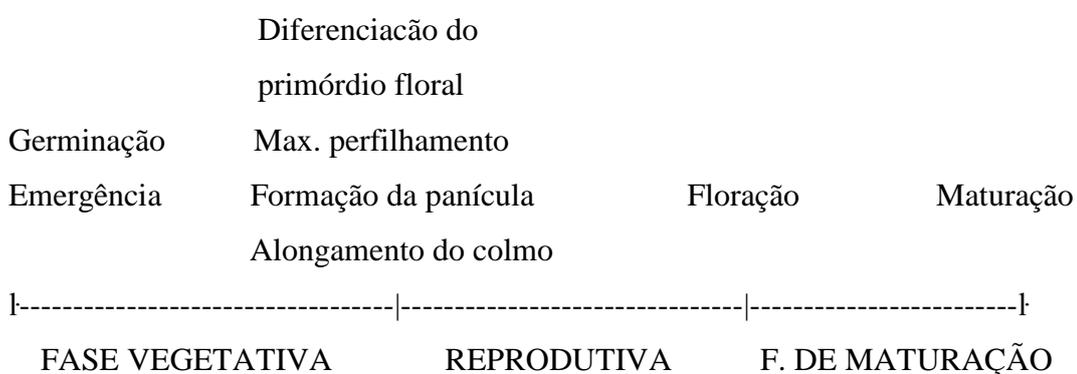
Fonte: Soares, 2012

O tipo javânica ou bulú é morfológicamente similar ao tipo japônica, mas suas folhas são mais largas e pubescentes, seu perfilhamento é baixo, mas a planta é forte e rígida, insensível ao fotoperíodo e os grãos são aristados.

A diferenciação entre grupos, hoje, está confusa, pois técnicas modernas de cruzamento possibilitaram o intercruzamento entre todas as formas, logo não é mais possível identificar a que grupo uma cultivar pertence, baseado nas descrições anteriores.

2.2. Crescimento e desenvolvimento da cultura de arroz

O crescimento e desenvolvimento da cultura de arroz descrito por Soares (2012) é seguinte:



Fase vegetativa: inicia-se com a germinação da semente (emissão da radícula e coleóptilo) e termina quando ocorre a diferenciação do primórdio floral ou da panícula.

Fase reprodutiva: inicia-se com a diferenciação do primórdio floral e vai até a floração, polinização e fertilização.

Fase de maturação: vai da floração (fecundação) à maturação completa.

Duração de cada fase:

- Fase vegetativa: bastante variável (40 a 150 dias)
- Fase reprodutiva: cerca de 35 dias
- Fase de maturação: de 25 a 35 dias

Quanto ao ciclo, as cultivares podem ser classificadas em:

- Precoces até 105 dias
- Semi-precoces de 106 a 120 dias
- Médias de 121 a 135 dias

- Semi-tardias de 136 a 150 dias
- Tardias acima de 150 dias

2.3. Principais pragas e doenças da cultura de arroz

Segundo Moreira & Barros (2004), as principais pragas da cultura do arroz são:

Pragas do colmo

Broca-do-colmo (*Elasmopalpus lignosellus e Diatraea saccharalis*) e Percevejo-do-colmo (*Tibraca limbativentris*).

Pragas associadas às folhas

Lagarta das folhasou lagarta militar (*Spodopterafrugiperda*), Curuquerê dos capinzais (*Mocis latipes*), Lagarta enroladeira das folhas (*Marasmia trapezales*), Cigarrinha-do-arroz (*Tagosodes rizicolus*), Cigarrinha-das-pastagens (*Deois flavopicta*) e Bicheira do arroz (*Oryzophagus oryzae*).

2.4. Exigências edafoclimáticas da cultura de arroz

Entre os fatores climáticos, os de maior importância são: a temperatura, luz-fotoperíodo e humidade. O arroz requer mais calor e humidade do que qualquer outro cereal. A temperatura média adequada durante o ciclo de desenvolvimento do arroz varia de 20° a 38°C, todavia, as temperaturas ótimas variam de 29° a 32°C. Temperaturas acima de 37°C aceleram o ciclo e reduzem a produção enquanto que temperaturas abaixo de 20°C provocam retardamento considerável no processo de crescimento e redução no número de perfilhos. Por exemplo, na germinação, a temperatura ótima fica compreendida entre 30° a 35°C (Soares, 2012).

Trabalho realizado nas Filipinas com a cultivar IR 26, demonstrou que o maior rendimento foi obtido com temperaturas diurnas/noturnas de 29°C/21°C. O arroz exige temperaturas adequadas diferentes para as diversas fases da cultura. Por exemplo, na germinação, a temperatura ótima fica compreendida entre 30° a 35°C; no perfilhamento está na faixa de 25° a 31°C; na floração, que é a fase mais importante em relação a temperatura, a ótima é de 30° a 33°C, e na maturação 20° a 25°C (Soares, 2012).

De modo geral, o arroz é considerado planta de dias curtos. Fotoperíodos curtos (menos de 13 horas de luz por dia) induzem o início da floração, enquanto que dias longos (mais de 13

horas) prolongam a fase vegetativa. As necessidades diárias de água são menores que 1 mm até os primeiros 30 dias, aumentando gradualmente até atingir, 20 dias antes da floração, o máximo de 6 a 7 mm; a seguir cai gradualmente para 4 mm, sendo que após 30 dias do florescimento são na ordem de 2 mm/dia. Em geral, considera-se que o arroz consome em termos hídricos 30% de suas exigências totais na fase vegetativa, 55% na fase reprodutiva e 15% durante a maturação (Soares, 2012).

Embora o sistema radicular do arroz seja superficial (95% até 15 cm), o solo deve possuir condições tais que permitam maior aprofundamento das raízes para suportar melhor as adversidades da falta de água pelas chuvas. Assim, os solos para arroz de sequeiro devem possuir boa estrutura (granular), sem camada compactada abaixo da superfície, ser poroso, não ser excessivamente arenoso (argila > 25%) e ter razoável teor de matéria orgânica (Soares, 2012).

2.5. Alguns estudos realizados sobre tolerância da cultura de arroz a salinidade

Fageria (1991), avaliando a tolerância de 40 cultivares de arroz à salinidade, testou três diferentes níveis de condutividade elétrica do extrato saturado do solo nomeadamente (0.39; 5 e 10 dS/m) tendo constatado diferenças significativas em relação à tolerância de cultivares à salinidade.

Rodrigues *et al.* (2005), avaliando o efeito da salinidade da água de irrigação sobre a formação de mudas de arroz (*Oryza sativa* L.) usando a cultivar Formoso em substratos de um Argissolo franco-arenoso, testou 5 níveis de condutividade elétrica da água de irrigação (0.5; 2.5; 4.5; 6.5 e 8.5 dS/m), e encontrou que as variáveis medidas tais como: fitomassa verde e seca, relação raiz/parte aérea, altura de planta, comprimento radicular e o teor de água foram afectadas de forma linear pela salinidade 23 dias após a sementeira.

2.6. Salinidade de solos

Segundo Toppa & Brambilla (2011), salinização é o processo pelo qual sais solúveis se acumulam ao longo do perfil do solo. Os sais solúveis que contribuem efetivamente para salinizar o solo consistem, normalmente, das várias proporções de cátions de sódio (Na^+), cálcio (Ca^{++}) e magnésio (Mg^{++}) e dos aniões cloreto (Cl^-), sulfato (SO_4^{--}), bicarbonato (HCO_3^-) e, às vezes, carbonato (CO_3^{--}). A salinidade dos solos é caracterizada por dois aspectos únicos: altos potenciais osmóticos e altas concentrações de Na e outros iões específicos (Cl^- , SO_4^{--} , HCO_3^- , etc.), que podem ser tóxicos às plantas. Para Cruz *et al.*

(2006), os efeitos desses iões estão relacionados ao efeito osmótico, que induz condição de estresse hídrico às plantas e ao efeito tóxico direto, principalmente sobre os sistemas enzimáticos e de membranas.

A área salina continua aumentando em função da utilização das práticas inadequadas de irrigação e drenagem. O efeito da salinidade sobre as plantas tem sido foco de um grande número de pesquisas, devido ao facto de o estresse salino ser um dos factores que limita o crescimento e a produtividade de culturas, bem como a qualidade de sua produção (Rodrigues *et al.*, 2005).

Silva *et al.* (2012) afirma que a intensidade com que o estresse salino influencia o crescimento e a produtividade do arroz é determinada por factores associado ao solo, à água e à própria planta, destacando-se a cultivar e a fase de desenvolvimento, entre outros. Desta forma, uma cultivar pode manifestar tolerância à salinidade, sobrevivendo e, às vezes, até crescendo, mesmo que em taxas menores, ou pode mostrar-se suscetível, apresentando redução severa no crescimento ou morte, dependendo da intensidade do estresse salino.

Um dos mecanismos para tolerância à salinidade tem sido a capacidade das plantas em acumular iões nos vacúolos e, ou, solutos orgânicos de baixo peso molecular no citoplasma, em um processo denominado de ajustamento osmótico, que pode permitir a manutenção da absorção de água e da turgescência celular. Outro mecanismo de tolerância pode estar relacionado a diferenças na absorção, transferência e, ou, acumulação de iões de Na e Cl (Cruz *et al.*, 2006).

De acordo com Scivittaro *et al.* (2012), a salinidade afeta diretamente o crescimento das plantas pelas seguintes maneiras:

- 1) Aumento do potencial osmótico da solução do solo;
- 2) Acúmulo de iões específicos no tecido vegetal, em concentrações tóxicas; e
- 3) Alteração do aspecto nutricional da planta.

O estresse salino inibe o crescimento das plantas, por aumentar o potencial osmótico da solução do solo, restringindo a disponibilidade da água e/ou pela acumulação excessiva de iões nos tecidos vegetais, podendo ocasionar toxicidade iônica, desequilíbrio nutricional ou ambos (Jha *et al.*, 2010). O grau com que cada um desses componentes do estresse influencia o crescimento/desenvolvimento e a qualidade de produção das plantas, é dependente de muitos factores, dentre eles a espécie vegetal, o genótipo e o estágio

fenológico, a composição salina do meio, intensidade e duração do estresse e das condições edafoclimáticas e o manejo de irrigação (Rodrigues *et al.*, 2005).

Willadino *et al.* (2010) afirma que a componente osmótica resulta de elevadas concentrações de sais dissolvidos na solução do substrato, os quais aumentam o potencial osmótico da solução diminuindo, conseqüentemente, a disponibilidade de água para as plantas. O efeito iônico, por outro lado, refere-se aos iões adsorvidos pelas plantas, os quais podem provocar um desequilíbrio iônico e/ou efeitos tóxicos para o seu metabolismo.

Em culturas sensíveis à salinidade ocorrem reduções progressivas do crescimento e da produção, sempre que aumenta a concentração salina. De acordo com Rodrigues *et al.* (2005), os efeitos da acumulação excessiva dos sais solúveis sobre as plantas podem ser causados pela dificuldade de absorção de água, toxicidade de iões específicos e pela interferência dos sais nos processos fisiológicos (efeitos indiretos), reduzindo o crescimento das plantas.

Rodrigues *et al.* (2005) concluiu que a salinidade do solo varia no tempo e no espaço, sendo de importância fundamental o seu monitoramento. Através da capacidade de adaptação osmótica, alguns genótipos conseguem absorver suficiente quantidade de água, mesmo em condições de salinidade elevada. Esta capacidade de adaptação, associada a práticas adequadas de manejo do solo e água, permite a seleção de culturas mais tolerantes e capazes de produzir rendimentos economicamente aceitáveis, quando não se pode manter a salinidade do solo no nível de tolerância da planta que se cultiva.

Sob certas circunstâncias, torna-se difícil e/ou economicamente inviável manter baixo nível de salinidade no solo, como no caso em que a água disponível à irrigação é salina, a profundidade do lençol freático é pequena ou a permeabilidade do solo é deficiente (Scivittaro *et al.*, 2012).

Nestes casos, existem duas formas de se minimizar os problemas da salinidade de acordo com as explicitações de Scivittaro *et al.* (2012):

- 1) Selecionar criteriosamente as culturas ou cultivares que possam produzir satisfatoriamente sob condições de salinidade, isto é, melhorar as plantas, visando a sua adaptação ao solo;
- 2) Adotar práticas adequadas de manejo do solo, para reduzir ao máximo a salinidade e proteger as plantas, ou seja, melhorar o solo para atender à tolerância das plantas.

A segunda opção compreende realização de melhorias em projetos de irrigação e drenagem, o que significa gastos elevados para sua efetivação. Portanto, a alternativa mais viável seria a seleção de plantas tolerantes à salinidade, associada a um programa de melhoramento genético (Scivittaro *et al.*, 2012).

2.7. Alguns estudos realizados sobre a produtividade do arroz

A análise de variância individual feita por Ramos *et al.* (2011), apresentou as médias de duas variedades de arroz que resultaram num rendimento de 6.0 e 6.2 ton.ha⁻¹. Outro estudo conduzido por Carvalho (2006) numa análise de variância envolvendo três experimentos em condições de campo, para a produtividade de grão do arroz, a média geral foi de 5.0 ton.ha⁻¹. Filho (2006) relata que a produtividade média de arroz em várias modalidades de sistemas de cultivo foi de 1.4 a 5.7 ton.ha⁻¹, mesmo sem o uso de insumos químicos.

Carvalho (2006) revelou que o espaçamento de 30 cm entre linhas foi o que proporcionou a maior produtividade média de arroz (5.4 ton.ha⁻¹), seguida do de 40 cm (4.9 ton.ha⁻¹) e, por último, pelo espaçamento de 20 cm (4.8 ton.ha⁻¹). Segundo este autor, esse resultado contraria os anseios de muitos rizicultores que insistem em reduzir cada vez mais o espaçamento entre linhas, com o intuito de aumentar a produtividade.

A média regional de quatro safras de arroz acompanhadas pelo Projecto de Socioeconomia da Epagri apresentou resultado de 7.8 ton.ha⁻¹ (Pereira & Martins, 2010). E quanto à produtividade em três regiões de Brasil nomeadamente Nova Veneza, Treviso e Forquilha relataram que os rendimentos de arroz foram 6.8, 8.0 e 6.7 ton.ha⁻¹ respectivamente (Vieira *et al.*, 2012).

Para o caso de Moçambique, os rendimentos de arroz com casca obtida com utilização da tecnologia cifraram-se em 6.5 ton. ha⁻¹, nas condições de cultivo dos produtores dos diques D4 e D7. Este rendimento, embora seja um pouco abaixo ao que foi obtido em condições controladas durante os ensaios on-station que foi de 7.5 ton. ha⁻¹, o mesmo sugere que a tecnologia adaptou-se muito bem as condições dos agricultores alvo (Mudema & Manjate, 2014).

O sistema tradicional de pequenos produtores em Moçambique produz numa área de 0.5 a 1.0 ha com um rendimento baixo de 0.5 a 2.5 ton.ha⁻¹. A tecnologia de produção da empresa chinesa, Wanbao Grain and Oil investimento Limitad, localizada em Xai-Xai, rende

actualmente cerca de 5.0 ton.ha⁻¹, de acordo com a Agência Internacional de Desenvolvimento dos Estados Unidos (USAID, 2012).

Menete (2005) testou as variedades de arroz ITA312 e IR52 à tolerância a salinidade do solo no regadio de Chókwè e obteve rendimentos médios de 6.0 e 5.5 ton. ha⁻¹ respectivamente. Este e outros rendimentos obtidos pelos diversos investigadores de arroz mencionados puderam atingir em alguns casos cerca de 8 ton.ha⁻¹, segundo USAID (2012), estes rendimentos podem ser explicados pelo uso de insumos (adubação e rega), senão, em condições de sistema de cultivo tradicional os rendimentos seriam baixos variando de 0.5 a 2.5 ton.ha⁻¹.

III. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. Descrição do Local de Estudo

O ensaio foi realizado no período de Dezembro de 2015 a Junho de 2016 no distrito de Chókwè localizado a Sul da província de Gaza, no curso médio do rio Limpopo, com os seguintes limites: a Norte rio Limpopo que o separa dos distritos de Massingir, Mabalane e Guijá, a Sul, distrito de Bilene e Chibuto, Oeste, distritos de Magude e de Massingir de acordo com o Ministério de Administração Estatal [MAE] (2005). O distrito de Chókwè tem a sua sede especificamente nas coordenadas geográficas: 24°05' e 24°48' Latitude Sul; 32°33' e 33°35' Longitude Este (INE, 1999). As coordenadas das três (3) áreas experimentais foram apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2: Coordenadas do local do ensaio do arroz

Área	Latitude	Longitude
1	24°31'47.19''S	33°0'45.67'' E
2	24°31'45.20''S	33°0'38.46'' E
3	24°36'57.51''S	33°2'24.72'' E

Fonte: Do autor

Para a caracterização do Campo Experimental da Estação Agrária do IIAM de Chókwè, foram colectadas amostras do solo para análise laboratorial, que resultaram em solos que variam de argiloso a Franco-argilo-arenoso, um pH neutro a alcalino, não salinos nas áreas I e II ($CE_e=1$ a 3.25 dS/m) e salino na área III ($CE_e=7.63$ dS/m) (Tabela 3).

A Figura 1 representa o mapa de localização do ensaio do arroz realizado em 3 áreas em função dos níveis de salinidade do solo.

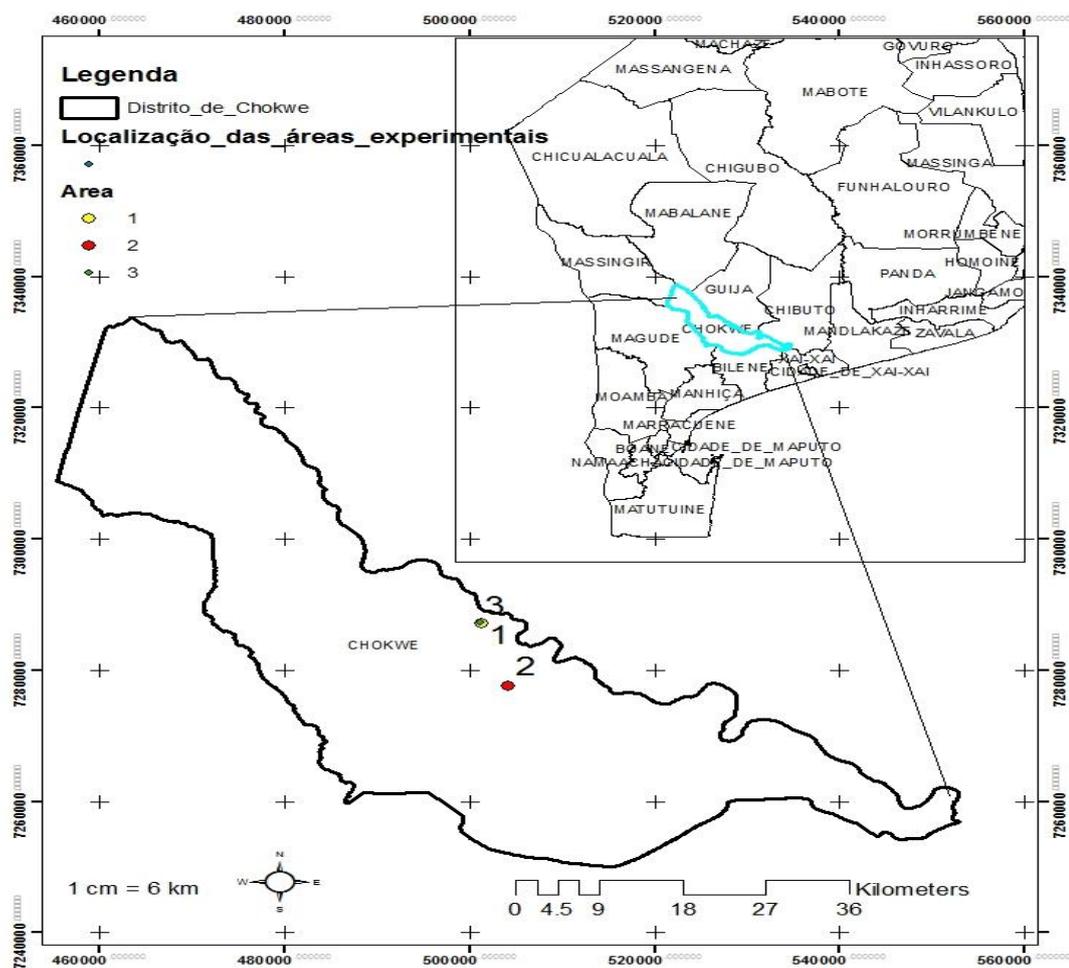


Figura 1: Mapa de localização do ensaio do arroz

3.2. Descrição dos tratamentos

Os tratamentos consistiram na combinação de diferentes níveis de salinidade do solo – CE_e (<1.0; 1.0-3.0 e >3.0 dS/m) com as diferentes linhas de arroz (IR86384-58-2-1-B, IR88358-B-AJY1-B e IR77664-B-B-25-1-2-1-3-12-5-AJY1) e a variedade local (Limpopo) (Tabela 3), sendo esta variedade local (Limpopo) desenvolvida e comercializada em Chókwe e linhas foram provenientes e estabilizadas nas Filipinas. Das 21 linhas de arroz adquiridas nas Filipinas através do IIAM, foram usadas para este ensaio 3 linhas, cujo critério de seleção foi de escolher as linhas que apresentaram maior percentagem de germinação (70-80%). Para a seleção dos 3 níveis de salinidade do solo, foi considerado o valor crítico de CE_e de 3 dS/m que a partir do qual ocorre o efeito de toxicidade nas plantas de arroz, segundo Carmona (2011) e Scivittaro *et al.* (2012).

Tabela 3: Descrição dos tratamentos

Níveis de salinidade do solo	CE _e (dS/m)	Linhas e variedade	Significado	Tratamento
Nível normal de salinidade do solo (S _{normal})	< 1.0	L1	(CE _e <1.0)-L1	T1
		L2	(CE _e <1.0)-L2	T2
		L3	(CE _e <1.0)-L3	T3
		V4	(CE _e <1.0)-V4	T4
Nível médio de salinidade do solo (S _{médio})	1.0-3.0	L1	(1.0<CE _e <3.0)-L1	T5
		L2	(1.0<CE _e <3.0)-L2	T6
		L3	(1.0<CE _e <3.0)-L3	T7
		V4	(1.0<CE _e <3.0)-V4	T8
Nível alto de salinidade do solo (S _{alto})	>3.0	L1	(CE _e >3.0)-L1	T9
		L2	(CE _e >3.0)-L2	T10
		L3	(CE _e >3.0)-L3	T11
		V4	(CE _e >3.0)-V4	T12

3.3. Descrição das linhas e variedade Limpopo usadas no ensaio

As linhas de arroz usadas no ensaio foram IR86384-58-2-1-B, IR88358-B-AJY1-B e IR77664-B-B-25-1-2-1-3-12-5-AJY1 e variedade Limpopo. Para melhor compreensão são designadas as linhas IR86384-58-2-1-B, IR88358-B-AJY1-B e IR77664-B-B-25-1-2-1-3-12-5-AJY1 por L1, L2 e L3 respectivamente e a variedade Limpopo por V4. Estas linhas foram desenvolvidas e estabilizadas pelo IRRI nas Filipinas como tolerantes a salinidade cujos parentais de cada linha são apresentados a seguir:

- **Linha 1 (IR86384-58-2-1-B)**, seu parental é IRRI 149/IRRI 126
- **Linha 2 (IR88358-B-AJY1-B)**, seu parental é KALA RATA 1-24/IRRI 164//IR 65195-3B-13-2-3 (PSB RC 86)/IR 7778-B-8-1-2//IR 66946-3R-201-1-1
- **Linha 3 (IR77664-B-B-25-1-2-1-3-12-5-AJY1)**, seu parental é IR 71606-1-1-4-2-3-1-2 (NSIC 110/IR 65195-3B-13-2-3 (PSB RC 86))

Fonte: comunicação pessoal: **Jean Berchmans Bizimana (CO-BI)** <j.bizimana@irri.org> (21 de Janeiro de 2017)

As características da variedade Limpopo são descritas a seguir:

- **Variedade Limpopo**

Segundo o Ministério da Agricultura e Desenvolvimento Rural [MADER] (1999), a variedade Limpopo possui as seguintes características:

A cultivar foi melhorada em Moçambique pela SEMOC no ano de 1999. As plantas podem atingir até 97 cm de altura, têm folhagem verde de orientação erecta com comprimento e largura que podem atingir 39.5 e 1.1 cm respectivamente. As plantas têm habilidade de afilamento alto e podem ter até 25 panículas/planta (m^2), têm presença de aristas em todos os grãos que podem atingir 11.6 mm de comprimento. A resistência a desgrana é moderada e a senescência foliar é tardia. Apresenta-se insensível à resposta ao fotoperíodo e resistente a acamamento. O rendimento é de 3 a 7 ton/ha com peso de 100 grãos que pode atingir 2.5g. O ciclo vegetativo é de 125 dias. Esta variedade é recomendada para as condições locais de Gaza.

3.4. Práticas Culturais

3.4.1. Preparação do terreno

- **No viveiro**

Para a preparação do viveiro procedeu-se a limpeza do campo 7 dias antes da sementeira, com vista a eliminar as infestantes e seguiu-se a lavoura manual 2 dias antes da sementeira se faz o nivelamento do solo com auxílio de ancinho. A sementeira do arroz fez-se a lanço a uma taxa de sementeira de 2.5 kg/10 m^2 e poder germinativo da semente era de 75%.

- **No local definitivo**

A limpeza do campo experimental foi feita 23 dias depois da sementeira em 3 áreas identificadas para a instalação do ensaio em que cada uma das áreas comportava um dos 3 níveis de salinidade do solo. No dia seguinte fez-se a lavoura manual e o nivelamento do solo nas 3 áreas identificadas para o ensaio com auxílio de ancinho.

3.4.2. Transplante

O transplante do arroz foi feito 26 dias depois da sementeira nas 3 áreas do ensaio obedecendo um compasso de 20 cm entre linhas e 20 cm entre covachos usando 2 plantas por covacho.

3.4.3. Adubação

- **No viveiro**

No viveiro foi feita a adubação de fundo com N-P-K de formulação 12-24-12 a uma taxa de 100 kg/ha no dia da sementeira do arroz.

- **No local definitivo**

A adubação de fundo no campo experimental foi feita com N-P-K de formulação 12-24-12 a uma taxa de 100 kg/ha no dia do transplante. No início da floração das plantas foi feita adubação de cobertura no campo experimental com ureia 46% a uma taxa de 100 kg/ha.

3.4.4. Controle de pragas, doenças e infestantes

A cultura foi protegida contra pássaros através dos guarda-pássaros, embora alguns grãos de arroz tenham sido debicados pelos pássaros. Não foi constatado o ataque por larvas nem doenças. Para o controlo das ervas foi feita a monda aos 40 dias depois do transplante.

3.4.5. Rega das plantas

- **No viveiro**

A rega por gravidade no viveiro foi feita logo depois da sementeira do arroz, 3 dias depois da germinação fez-se a rega periódica de 2 em 2 dias até que as plantas atingissem a idade de transplante.

- **No local definitivo**

No campo experimental a rega foi por gravidade e iniciou logo após o transplante. A rega foi feita de 2 em 2 dias a partir do terceiro dia após o transplante e 6 dias depois os talhões foram mantidos em condições de alagamento 10 dias antes da colheita a água foi drenada das parcelas.

3.4.6. Colheita

A colheita foi feita na área útil quando os grãos do arroz atingiram a maturação. Os grãos da arroz foram colhidos manualmente e conservados em cartuchos de papel etiquetados. Este processo de colheita teve a duração de 3 dias, sendo para cada uma das 3 áreas 1 dia.

3.5. Desenho experimental do ensaio

3.5.1. Delineamento experimental do ensaio

Para este estudo foi usado o Delineamento de Talhões Subdivididos, “SPLIT-PLOT DESIGN”, onde foram testados dois factores (linhas de arroz e salinidade). Foram usadas 3 linhas (L) IR86384-58-2-1-B, IR88358-B-AJY1-B e IR77664-B-B-25-1-2-1-3-12-5-AJY1) e a variedade (V) Limpopo e os níveis de salinidade do solo (S) – CE (<1.0; 1.0-3.0 e >3.0 dS/m), resultando num arranjo factorial de 3x4, com 3 repetições (blocos), onde três (3) são os níveis de salinidade e quatro (4) corresponde as três linhas e uma variedade respectivamente, perfazendo 12 tratamentos (Anexo 7.1).

3.5.2. Dimensões do ensaio e layout

O ensaio consistiu em 3 repetições sendo que cada repetição tinha uma área de 1.92 m² (0.8m x 0.8m x 3 parcelas) e estes foram dispersos conforme os 3 níveis de salinidade a saber: nível de salinidade normal-S_{normal}: CE<1.0 dS/m; nível de salinidade médio-S_{médio}=1.0 dS/m<CE<3.0 dS/m e nível de salinidade alto-S_{alto}>3.0 dS/m. Cada bloco estava subdividido em 3 talhões (espaçados em 50 cm), perfazendo um total de 9 talhões para todo o ensaio. A área ocupada pelos talhões foi de 0.64 m² (0.8m x 0.8m) e a área útil do ensaio foi de 5.76 m² e total foi de 9.36 m².

As 3 áreas com os 3 níveis de salinidade foram selecionadas depois de um levantamento de solos em 11 diferentes áreas espalhadas pelo regadio de Chókwè com o apoio dos técnicos locais. Foram colectadas amostras de solos para análise laboratorial de modo a identificar os níveis de salinidade de solo. Destas 11 áreas foram seleccionadas 3 áreas que correspondem a cada 1 dos 3 níveis de salinidade do solo constantes no intervalo de CE_e (<1.0; 1.0-3.0 e >3.0 dS/m).

3.6. Variáveis Medidas

A escolha e medições dos parâmetros de crescimento das variáveis de arroz obedeceu a metodologia descrita por Rodrigues *et al.* (2005) e Carmona (2011) que se apresentam em seguida:

- a) **Altura das plantas (aplant):** a medição foi feita a partir da base da planta até a folha mais nova aos 23 dias após o transplante e seguiu-se a medição de 15 em 15 dias;
- b) **Matéria seca da Parte Aérea (PA) e Radicular (R):** foi feita na altura da colheita do grão e a massa de ambas as partes foi seca em estufa a uma temperatura de 60 °C por um período de 48 horas.
- c) **Relação R/PA:** foi determinada a partir dos pesos secos da raiz e parte aérea da planta.
- d) **Número de folhas (nfolhas):** a contagem do número de folhas foi feita a partir dos 23 dias após a sementeira e seguidamente de 15 em 15 dias até a colheita.
- e) **Número de Perfilhos (nperfil):** a contagem do número de perfilhos foi feita no momento da colheita.
- f) **Número de Espiguetas Estéreis (e-est) e Não Estéreis (e-nst):** A contagem de número de espiguetas estéreis e não estéreis foi feita durante a colheita.
- g) **Peso de 1 000 grãos (P1000):** foi obtido pela pesagem de 1 000 grãos da área útil de cada parcela experimental, contados ao acaso e em seguida pesados em uma balança electrónica, com os resultados expressos em gramas (g).
- h) **Rendimento do Grão (Rend):** foi registado o peso de 100 grãos produzidos em cada parcela experimental. Segundo Guimarães *et al.* (2002) para o efeito usou-se a seguinte equação:

$$\text{Rendimento (kg ha}^{-1}\text{)} = \text{n}^{\circ} \text{ de grãos m}^{-2} * \% \text{ de espiguetas cheias} * \text{massa de 100 grãos (g)} * 10^{-3}$$

3.7. Análise de dados

Os dados foram analisados usando o pacote estatístico Stata versão 13.0, onde através do teste de Fischer a 5% de significância foram feitas análises de variância (ANOVA) por forma a avaliar a resposta das diferentes linhas e variedade de arroz a tolerância à salinidade em todas as variáveis de estudo tais como: altura das plantas, matéria seca da parte aérea (PA) e

radicular (R), relação R/PA, número de folhas, número de perfilhos, número de espiguetas estéreis e não estéreis, peso de 1 000 grãos e rendimento do grão.

Foi feito o teste de comparação de médias de Tukey a 5% de significância quando se verificou o efeito significativo da fonte de variação. Importa referir que foram feitos os testes de normalidade dos resíduos de Shapiro-Wilk e de homogeneidade das variâncias de Breusch-Pagan a 5% de significância por forma a validar a ANOVA. Os dados da variável espiguetas não estéreis, para validar a ANOVA sofreram uma transformação através da raiz quadrada. A análise de regressão linear simples entre os factores linha e salinidade do solo foi feita no Excel. Também usou-se Excel para a construção de tabelas e gráficos. O modelo estatístico foi:

$$Y_{ijk} = \mu + \tau_i + v_j + (\tau v)_{ij} + \beta_k + \gamma_{ik} + \varepsilon_{ijk}$$

Onde:

Y_{ijk} é o rendimento do grão do arroz em $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ colhido no bloco k que recebeu o nível i do factor salinidade no talhão principal e nível j do factor linha no sub-talhão;

μ é a média geral;

τ_i é o efeito do nível i do factor salinidade do solo no talhão principal ($\tau_i = \mu_i - \mu$) (onde i= 1, 2 e 3);

v_j é o efeito do nível j do factor linha no sub-talhão ($v_j = \mu_j - \mu$) (onde j= 1, 2, 3 e 4);

$(\tau v)_{ij}$ é o efeito da interacção entre o nível i do factor salinidade do solo e o nível j do factor linha no sub-talhão;

β_k é o efeito do bloco k ($\beta_k = \mu_k - \mu$) (onde k = 1, 2 e 3);

γ_{ik} é o erro do talhão principal que é assumido como tendo uma distribuição normal com média zero e variância constante (σ_y^2);

ε_{ijk} é o erro do sub-talhão assumido como tendo uma distribuição normal com média zero e variância constante (σ_ε^2).

A aleatorização dos tratamentos nos blocos foi baseada no uso da tabela de números aleatórios tendo-se considerado para o efeito doze (12) tratamentos.

Pressupostos do modelo:

- As componentes ambientais e o efeito do tratamento não são aditivos, isto é, o modelo não considera as condições ambientais, somente considera os tratamentos e os blocos;
- Os erros experimentais são independentes e seguem uma distribuição normal ($\epsilon_{ijk} \sim \text{iidN}(0, \sigma^2)$).

Formato da tabela da ANOVA

A Tabela 4 apresenta o formato da tabela da análise de variância.

Tabela 4: Tabela de análise de variância (ANOVA)

Fonte de variacao	GL	SQ	QM	Fcal	P-value
Bloco	2	SQB	SQB/2	QMB/QME	
Salinidade	2	SQS	SQS/2	QMS/QME	
Erro (a)	4	SQE(a)	SQE(a)/4		
Linhas	3	SQL	SQL/3	QML/QME	
Linhas#Salinidade	6	SQ(L*S)	SQ(L*S)/6	QM(L*S)/QME	
Erro (b)	18	SQE	SQE(b)/18		
Total	35	SQT			

Legenda:

G.L- Graus de Liberdade

SQ- Soma de Quadrados

QM- Quadrados Médios

Fcal- Valor da estatística F

Após determinado o P-value fez-se uma comparação com o nível de significância de 5% de probabilidade para ver se existem ou não diferenças significativas entre os tratamentos e entre os blocos.

IV. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Análise química e física do solo e água de rega

Os níveis de salinidade do solo resultantes das análises das amostras do solo nas 3 áreas que correspondem aos 3 níveis de salinidade do solo (S_{normal} , $S_{\text{médio}}$ e S_{alto}) foram: 1.22, 3.25 e 7.63 dS/m nas áreas I, II e III respectivamente (Tabela 5). De acordo com Carmona (2011) e Scivittaro *et al.* (2012), os efeitos negativos da salinidade do solo na cultura de arroz são observados quando a CE_e é maior que 3 dS/m. Este efeito foi comparado com base na observação do número de plantas que morreram na área de nível de salinidade alto (S_{alto}). Nesta área 5 linhas de de arroz morreram, que correspondem a 3 da L1 e 2 da L3 sob ambiente de S_{alto} , as plantas sofreram toxicidade o que não aconteceu nas áreas do ambiente de S_{normal} e $S_{\text{médio}}$.

Tabela 5: Resultados das análises física e químicas do solo nas três áreas do ensaio

Áreas (m ²)		I	II	III
pH-H ₂ O _(1:2.5)	[-]	7.26	7.9	8.76
pH-KCl _(1:2.5)	[-]	6.05	7.48	7.42
CE _e	[dS/m]	1.22	3.25	7.63
P. disp	[mg/100g]	1.675	0.287	0.861
K	[meq/100g]	1.109	1.94	1.417
N	[%]	0.79	0.79	0.51
C	[%]	2.97	1.78	2.51
Na	meq/100g	21.72	38.03	182.47
Ca	meq/100g	240	126	232
Mg	meq/100g	60	80.6	96
Textura do solo	[-]	Argiloso	Franco-argilo-arenoso	Argiloso

Fonte: Laboratório da FAEF, UEM

De salientar que sob ambiente de S_{normal} não se registou nenhuma planta morta; mas na área de $S_{\text{médio}}$, apenas 1 planta (linha 3) morreu depois de ter produzido grãos com apenas 6 espiguetas não estéreis, provavelmente um factor biótico tenha sido a causa da morte dessa planta de arroz.

Num experimento conduzido por Scivittaro *et al.* (2012) relatou que os sintomas de danos por salinidade nas plantas de arroz manifestaram-se, apenas, em avaliação realizada 19 dias após a aplicação dos tratamentos com sal (NaCl). Nesta ocasião, para todos os genótipos, os

sintomas foram de toxidez leve, ou seja, pontos esbranquiçados nas extremidades das folhas superiores. A partir de então, a evolução dos sintomas foi contínua, com pequenas variações de intensidade entre os genótipos. Os resultados obtidos neste estudo corroboram com os obtidos por Scivittaro *et al.* (2012), sendo que as plantas manifestaram efeitos de toxicidade no ambiente de S_{alto} sobretudo na fase do desenvolvimento da plântula e floração.

A condutividade eléctrica da água de rega neste estudo variou de 2.01 a 2.64 dS/m, sendo considerada água propícia para a rega da cultura de arroz (Tabela 6). De acordo com Carmona (2011), valores de $CE_e > 3.0$ dS/m causam toxicidade a cultura do arroz. De acordo com Almeida (2010), o intervalo usual de água de irrigação (CE_a) é de 0 a 3 dS/m que acima deste conteúdo de sais causa toxidade as plantas.

Tabela 6: Resultados das análises de amostras da água de rega

Áreas	pH-H ₂ O _(1:2,5)	CE _a	K	Na
	[-]	[mS/cm]	[meq/l]	meq/l
I	8.26	0.402	0.104	2.329
II	9.03	0.488	0.141	2.965
III	8.94	0.527	0.237	5.602

Fonte: Laboratório da FAEF, UEM

Os valores de K e Na da água de rega neste estudo foram 0.104 a 0.237 meq/l e 2.329 a 5.602 meq/l respectivamente e esta água é de boa qualidade, pois Almeida (2010) considera água de boa qualidade quando a quantidade de K e Na estiver no intervalo entre 0 a 2 meq/l e 0 a 40 meq/l respectivamente.

4.2. Resumo da análise de variância das variáveis medidas

Os resultados da análise de variância mostram que houve efeito significativo do factor linha de arroz sobre as variáveis número de perfilhos, número de espiguetas não estéreis, peso de 1 000 grãos e rendimento do grão. O factor salinidade do solo apresentou efeito significativo em todas as variáveis medidas excepto na relação parte radicular e parte aérea da planta, espiguetas não estéreis, espiguetas estéreis e o peso de 1 000 grãos respectivamente. A interacção entre os factores linha de arroz e salidade do solo foi significativa apenas para a altura da planta, matéria seca da parte radicular e rendimento do grão de arroz (Tabela 7).

Tabela 7: Resumo da análise de variância e coeficiente de variação para as variáveis altura da planta (aplanta), número de folhas (nfolhas), número de perfilhos (nperfil), matéria seca da parte aérea (PA), matéria seca da parte radicular (PR), relação matéria se da parte radícula e da parte aérea (R/PA), matéria seca da planta (ms), espiguetas não estéreis (e-nest), espiguetas estéreis (e-est), peso de 1 000 grãos (P1000) e rendimento do grão de arroz (Rend)

Fonte de variação	Variáveis medidas											
	GL	aplanta (cm)	nfolhas	nperfil	PA	PR	R/PA	ms	e-nest	e-est	P1000	Rend (Kg.ha ⁻¹)
Linhas	3	ns	ns	S	ns	ns	ns	ns	s	ns	s	s
Salinidade	2	s	s	S	s	s	ns	s	ns	ns	ns	s
Linhas#Salinidade	6	s	ns	Ns	ns	s	ns	ns	ns	ns	ns	s
CV (%)		6.75	15.4	30.2	42.0	32.0	37.2	40.6	8.6	12.1	13.3	20.0

ns – Não significativo ao nível de significância de 5% pelo teste de Fisher

s – Significativo ao nível de significância de 5% pelo teste de Fisher

CV – Coeficiente de variação

GL – Graus de liberdade

O coeficiente de variação é uma medida de dispersão utilizada para avaliação da precisão de experimentos (Gomez & Gomez, 1976). De acordo com Ferreira (1991), os coeficientes de variação encontrados na faixa entre 10 e 15% são considerados de óptima precisão, entre 15 e 20% boa precisão, entre 20 e 30% precisão regular e maior do que 30% como sendo de péssima precisão experimental.

Os coeficientes de variação neste estudo variaram de menor a maior com o menor valor observado na variável altura das plantas (6.75%) e maior na variável matéria seca da parte aérea (42.4%), sendo considerados valores de óptima e péssima precisão respectivamente (Tabela 7). Os valores observados nas variáveis altura da planta, espiguetas não estéreis, espiguetas estéreis e peso de 1000 grãos estiveram abaixo de 15% indicando que houve óptima precisão para a medição dessas variáveis. A precisão de medição das variáveis número de folhas e rendimento do grão de arroz foi boa uma vez que os seus coeficientes de variação estiveram entre 15 e 20% e contrariamente a precisão de medição das variáveis número de perfilhos, matéria seca da parte aérea, matéria seca da parte radicular, relação matéria seca da parte radícula e parte aérea e matéria seca da planta foi péssima, pelo facto dos seus coeficientes de variação situarem-se acima de 30% (Tabela 7). Os factores que possam estar por detrás dos elevados CV's observados neste estudo foram heterogeneidade do ambiente entre as parcelas, variabilidade genética das sementes, variações na irrigação e colheita do grão do arroz.

4.2.1. Altura da planta

Os resultados da análise de variância mostraram que não houve efeito significativo do factor linha de arroz sobre a variável altura da planta. O factor salinidade do solo e a interacção entre os factores linha de arroz e salinidade do solo apresentaram efeito significativo sobre a altura de plantas (conforme ilustrado na Tabela 7). Era de esperar que o factor linha de arroz sobre a altura de plantas tivesse efeito significativo porque responderam diferentemente as condições edafo-clináticas do local de ensaio, o que leva a entender que a salinidade do solo provavelmente tenha inibido o aumento de altura das plantas no seu crescimento potencial em função das suas características genótípicas.

Os resultados da interacção entre o factor linha e salinidade do solo apresentados na Tabela 8, mostraram que as linhas 1, 3 e a variedade 4 não tiveram diferença significativa entre si sobre a altura das plantas quando submetidas nos níveis de salinidade S_{normal} e $S_{médio}$ do solo. Estas linhas 1, 3 e a variedade 4 mostraram diferença significativa sobre a altura das plantas no nível de salinidade S_{alto} do solo. A linha 2 mostrou efeito significativo sobre a altura das plantas no nível de salinidade S_{normal} e nos níveis de salinidade $S_{médio}$ e S_{alto} do solo não teve diferença significativa entre si sobre a altura das plantas.

Tabela 8: Interacção entre linha e salinidade do solo na altura das plantas do arroz

Linhas/variedade	Níveis de salinidade (dS/m)		
	S_{normal}	$S_{médio}$	S_{alto}
L1	71.4Aa	68.4Aa	50Bb
L2	68.1Ba	65.0Bb	64.5Ab
L3	66.1Ba	64.8Ba	52.1Bb
V4	65.5Ba	63.7Ba	59.0Aab

Pares de médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

A linha 1 nos níveis de salinidade S_{normal} e $S_{médio}$ do solo mostrou diferença significativa sobre a altura das plantas ao passo que as linhas 2, 3 e a variedade 4 não apresentaram entre si diferença significativa sobre a altura das plantas respectivamente. As linhas 1 e 3 no nível de salinidade S_{alto} do solo não tiveram entre si diferença significativa sobre a altura das plantas, também neste nível de salinidade do solo (S_{alto}), a linha 2 e a variedade 4 do solo não tiveram entre si diferença significativa sobre a altura das plantas (Tabela 8).

A ausência do efeito significativo das linhas e variedade de arroz sobre a altura das plantas foi também observado por Lopes *et al.* (2013) no seu estudo avaliando o efeito de diferentes

fontes de N e épocas da sua aplicação. Ele constatou que a altura das plantas variou de 76 a 104cm sendo considerados de porte baixo a médio.

A altura média das plantas no presente estudo foram 63.3, 65.9, 61.0 e 62.7 cm para as linhas 1, 2, 3 e variedade Limpopo respectivamente que quando comparada com Lopes *et al* (2013) são consideradas de porte baixo. Porém, Lopes *et al.* (2013), relata que o melhoramento genético tem buscado desenvolver plantas com melhor arquitetura (variedades modernos), onde são selecionadas plantas compactas, não sujeitas ao acamamento. Por exemplo, Galvão (2013) constatou que a irrigação contínua da cultura de arroz com tolerância à herbicida em dois ambientes diferentes apresentou maior média para a altura da planta (90.78 cm). Isto demonstra que em ambientes com irrigação contínua, as plantas foram mais altas, sem que isto tenha implicado em acamamento. Portanto, a altura de plantas é um parâmetro de extrema importância na cultura do arroz, visto que influencia directamente no grau de acamamento. Não se detectou a presença de plantas acamadas neste estudo. O que indica que as linhas e variedade de arroz testadas neste estudo apresentaram resistência ao acamamento.

A resistência ao acamamento é importante em qualquer cultivar de arroz para que a colheita possa ser realizada sem problemas e para a obtenção de um produto de boa qualidade. Vários factores concorrem para conferir resistência ao acamamento a uma cultivar de arroz, dentre esses, altura não muito superior a 100 cm e maiores diâmetro e espessura do colmo (Galvão, 2013). A alternativa para diminuir a altura das plantas de arroz, e, com isso, também o acamamento, é a utilização de reguladores vegetais. Os reguladores vegetais, neste caso, retardantes vegetais, são compostos sintéticos utilizados para reduzir o crescimento em altura, indesejável, da parte aérea das plantas, sem diminuição da produtividade (Alvarez *et al.*, 2014).

Os factores salinidade do solo e a interacção entre os factores linhas de arroz e a salinidade do solo revelaram que foram estatisticamente significativos nos efeitos sobre a altura das plantas (conforme ilustrado na Tabela 7). De acordo com Rodrigues *et al.* (2005), os efeitos da acumulação excessiva dos sais solúveis sobre as plantas podem ser causados pela dificuldade de absorção de água, toxicidade de íons específicos e pela interferência dos sais nos processos fisiológicos (efeitos indirectos), reduzindo o crescimento das plantas.

Por outro lado, Toppa & Brambilla (2011), salientam que em cultivos de arroz efetuados em solos com CE_e entre 1,4 e 25,6 $dS.m^{-1}$, verificaram uma redução na altura de planta, embora Rodrigues *et al.* (2005), num dos trechos, tenham dito que as plantas têm a capacidade de

adaptação osmótica, de tal forma que alguns genótipos conseguem absorver suficiente quantidade de água, mesmo em condições de salinidade elevada.

Os resultados deste estudo estão em concordância com os do Toppa & Brambilla (2011) que a medida que os níveis de salinidade foram aumentando, foi diminuindo a altura das plantas (Figura 2). De acordo com Cruz *et al* (2006), o menor crescimento das plantas, devido à salinidade, também tem sido atribuído à redução na absorção de alguns dos principais nutrientes, principalmente Ca e o K entre outros.

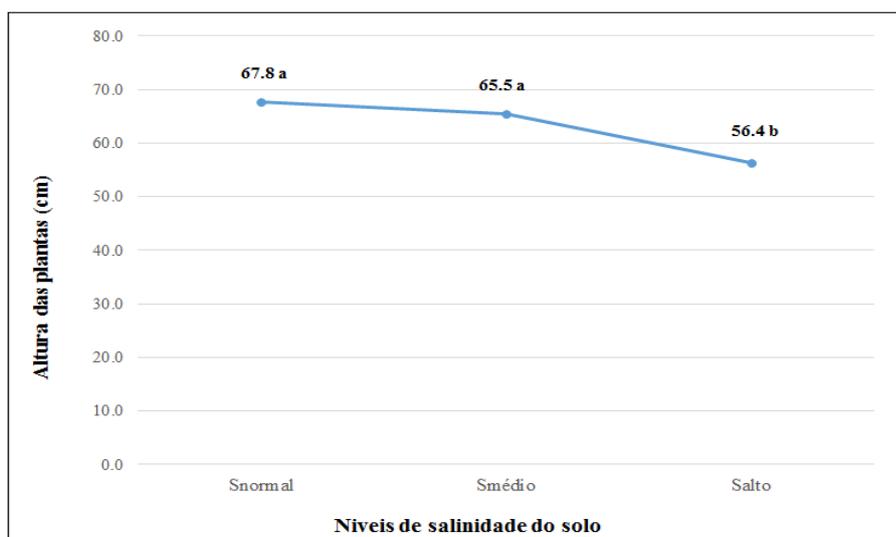


Figura 2: Comparação de médias da altura das plantas nos diferentes linhas e variedade nos diferentes níveis de salinidade do solo

Nota: Pares de médias iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância

4.2.2. Número de folhas

A análise da variância mostrou que não foram estatisticamente significativos os efeitos do factor linha e a interacção entre os factores linha e salinidade do solo. E o factor salinidade do solo, de forma isolada, exerceu um efeito significativo sobre o número de folhas (conforme ilustrado na Tabela 7).

O número médio de folhas por planta foi de 29.8, 35.7, 38.4 e 38.1 para as linhas 1, 2, 3 e variedade V4 respectivamente. A linha 3 e a variedade 4 foram as que apresentaram o maior número de folhas por planta.

De acordo com Noldin *et al.* (2004), no seu estudo constatou que o arroz-preto apresentou número médio de 12,9 folhas por planta, significativamente superior a todos os demais genótipos. O número médio de folhas (11 a 12) superior a todos os genótipos testados por este autor, foram inferiores as linhas e variedade testadas neste estudo, indicando que estas apresentaram maior capacidade de realização de fotossíntese, como consequência aumentou o peso do grão.

Provavelmente as diferenças genéticas das plantas pode explicar a diferença no número de folhas por planta. De acordo como Streck *et al.* (2006), o número final de folhas no colmo principal, em dois anos agrícolas, variou de 10 a 21 folhas. Esta variação foi devida à diversificação entre as variedades (quanto mais precoce, menor o número final de folhas) e, para uma mesma variedade, em função da época de sementeira, com sementeiras feitas mais cedo tendo maior número final de folhas e sementeiras tardias tendo menor número final de folhas.

De acordo com o estudo feito por Streck *et al.* (2006), a variedade de ciclo mais longo (EPAGRI 109) apresentou maior número final de folhas no colmo principal, com um máximo de 21 folhas na primeira época de semeadura, no ano agrícola 2004/2005, enquanto que a variedade de ciclo mais curto (IRGA 421) obteve o menor número de folhas no colmo principal nas últimas épocas de sementeira, com 10 folhas no ano agrícola 2004/2005. Portanto, no estudo de Noldin *et al.* (2004) e Streck *et al.* (2006), o número médio de folhas observado por estes autores foram inferior aos obtidos nas linhas 1, 2, 3 e variedade Limpopo.

Como se pode observar na Figura 3, os números de folhas por planta não diferiram estatisticamente nos níveis de S_{normal} e $S_{médio}$, mas diferiram estatisticamente com as plantas que foram submetidas no S_{alto} devido a elevada salinidade de solo que afetou negativamente as plantas. O número médio de folhas decrescentes com o aumento de salinidade do solo por planta foi de 43.9, 40.4 e 22.1 para os níveis de S_{normal} , $S_{médio}$ e S_{alto} respectivamente.

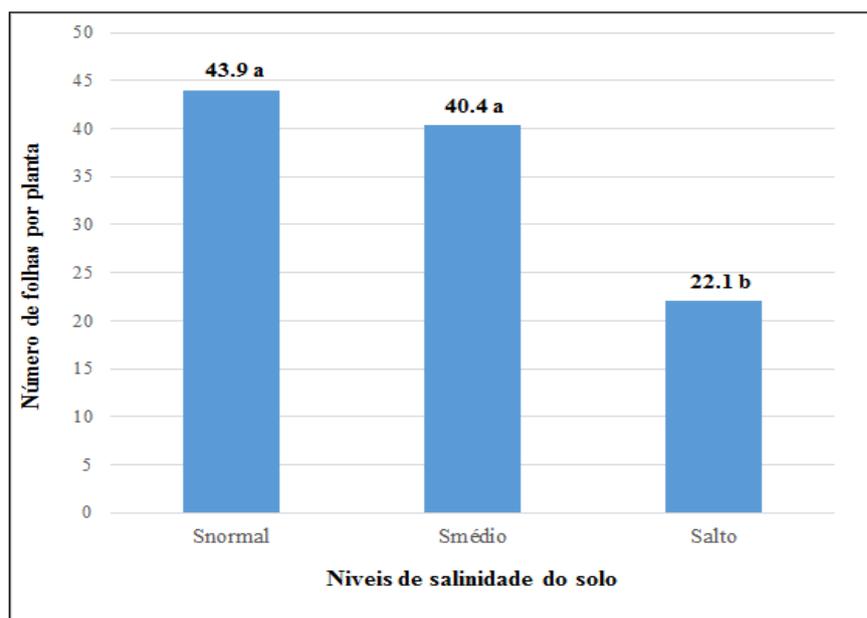


Figura 3: Comparação de médias de número de folhas nos diferentes níveis de salinidade do solo

Nota: Pares de médias com a mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância

Freitas *et al.* (2006), relatou que variando as datas de sementeira de 3 variedades precoces de arroz tiveram em média 11 a 12 folhas. O autor evidenciou que cultivares com ciclos diferentes, semeadas em épocas distintas, apresentaram maior variação no número de folhas. É importante realçar que estas variedades estudadas por Freitas *et al.* (2006) apresentaram menor número de folhas que as linhas e variedade de arroz testadas neste estudo. Rodrigues *et al.* (2005), constatou também que com o aumento de salinidade do solo, o número de folhas reduz, como neste estudo foi constatado.

4.2.3. Número de perfilhos

A análise de variância mostrou que os factores linha de arroz e salinidade do solo exerceram um efeito significativo sobre o número de perfilhos nas plantas. Mas a interacção entre os factores linha de arroz e salinidade do solo não teve nenhum efeito significativo no número de perfilhos nas plantas (conforme ilustrado na Tabela 7). De acordo com o Scivittaro (2012), a intensidade com que o estresse salino influencia o crescimento e a produtividade do arroz é determinada por factores associados à própria planta.

Pode-se observar na Figura 4 que o número de perfilhos por planta no presente estudo variou de 9.2 a 15.3 com menor valor na linha 1 e maior na linha 2 respectivamente. A linha 1 diferiu

estatisticamente das restantes linhas e variedade de arroz e a linha 3 e a variedade 4 não diferiram estatisticamente entre si.

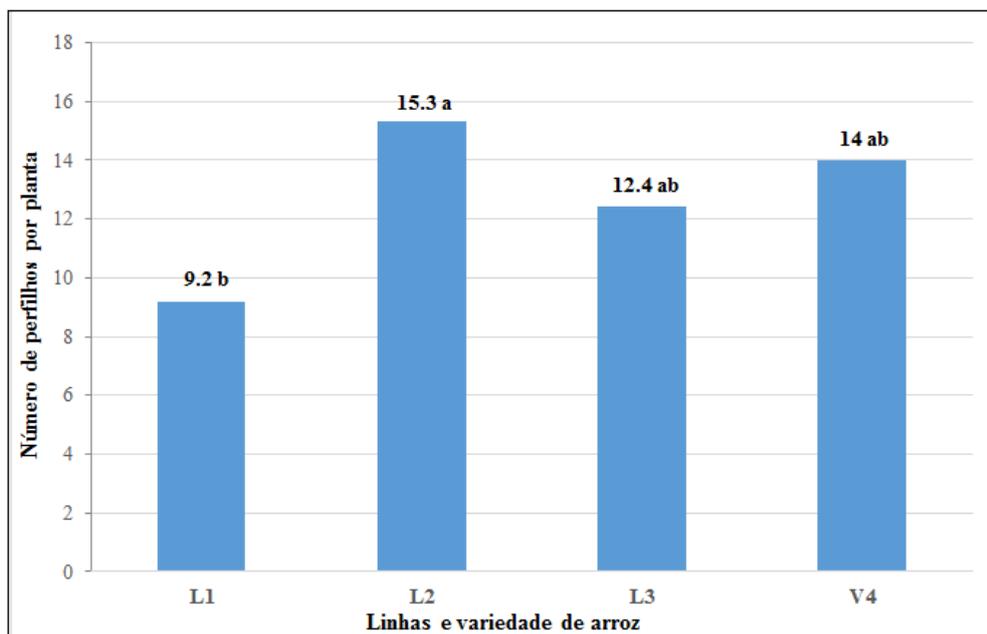


Figura 4: Comparação de médias do número de perfilhos das diferentes linhas e variedade de arroz

Nota: Pares de médias com a mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Porém, a capacidade de perfilhamento é uma característica muito importante na cultivar tendo em conta a densidade das plantas. De acordo com Silva *et al.* (2015), génotipos que apresentam maior número de perfilhamentos têm vantagem por se adaptarem a vários espaçamentos e densidades de plantio. O que se sabe, segundo Santana, (2015) o perfilhamento é afectado por espaçamento, intensidade luminosa, disponibilidade de nutrientes, sistema de plantio e entre outros.

A linha 2 apresentou o maior número médio de perfilhos (15.3) em relação as restantes linhas e variedade de arroz o que conseqüentemente pode apresentar maior número de grãos por planta, a linha 1 com 9.2 perfilhos foi a que apresentou menor número de perfilhamento. A linha 3 e a variedade de Limpopo apresentaram uma média de perfilhos de 12.4 e 14 respectivamente. Comparando com o número de perfilhos máximos na variedade de arroz tropical encontrados por Silva *et al.* (2015), que foi de 4.88 em média aos 60 dias após plantio, pode-se afirmar que as linhas e variedades encontradas no ensaio apresentaram maior número de perfilhos.

A medida que os níveis de salinidade foram aumentando do S_{normal} para S_{alto} , diminuiu o número de perfilhos (Figura 5). De acordo com Carmona (2011), a salinidade do solo ocasiona diminuição do perfilhamento quando estiver acima do nível do tolerável ($CE_e > 3$ dS/m). Este autor relatou que em vários estudos, com diferentes genótipos de arroz e em diferentes locais e ambientes, demonstraram relação linear entre o aumento dos níveis de salinidade e a diminuição do número de perfilhos, além do aumento do número de perfilhos não produtivos.

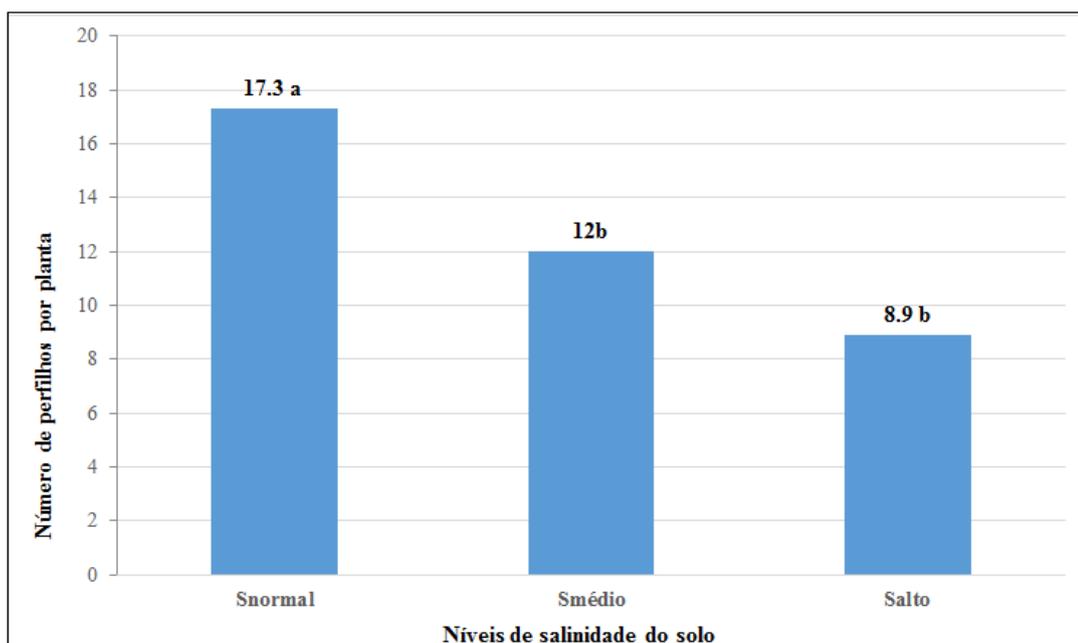


Figura 5: Comparação de médias de número de perfilhos nos diferentes níveis de salinidade do solo

Nota: Pares de médias com a mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Em relação a salinidade do solo, o número médio de perfilhos por planta variou de 8.9 a 17.3 com maior valor no S_{normal} e menor no S_{alto} . O S_{normal} diferiu estatisticamente dos restantes níveis de salinidade do solo, mas o $S_{\text{médio}}$ e S_{alto} não diferiu estatisticamente em relação ao número de perfilhos (Figura 5). De acordo com Carmona (2011), a salinidade do solo ocasiona diminuição do perfilhamento quando estiver acima do nível do tolerável ($CE_e > 3$ dS/m).

4.2.4. Matéria seca da Parte Aérea (PA), matéria seca da Parte Radicular (R) e relação Raiz parte Aérea (R/PA) da planta

a) Matéria seca da parte aérea da planta

A análise de variância mostrou que o factor linha e a interacção ente o factor linha e o factor salinidade do solo não exerceram um efeito significativo sobre o peso médio da parte aérea (folha e colmo) das plantas. Mas de forma isolada a salinidade do solo exerceu um efeito significativo sobre o peso médio da parte aérea da planta (conforme ilustrado na Tabela 7).

Os pesos médios da parte aérea das linhas 1, 2 e 3 e da variedade 4 foram 18.9, 21.3, 28.5 e 30.5g respectivamente. Sendo a variedade Limpopo a que obteve maior peso médio. Resultados encontrados por Machado & Luz (2009), foram verificados efeitos significativos para o peso médio da parte aérea da planta cujos valores médios em três tratamentos (T) da planta com doses de Si foram $T_1=7.5g$, $T_2= 8.5g$ e $T_3=9.8g$.

Todos os pesos médios das plantas encontrados por Machado & da Luz (2009), estão abaixo dos encontrados neste estudo, embora estes autores tenham relatado que a variável peso da parte aérea das plantas estudadas por eles foram influenciadas pelas doses de cinza aplicado ao solo. Estes autores, não indicaram as alturas das plantas estudadas, o mais provável, pelos pesos médios da parte aérea apresentada, eram menos altas que as testadas neste estudo.

O peso médio mais baixo da parte aérea das plantas estudadas foi da linha 1 com 18.9g, por ter sofrido mais estresse devido a salinidade do solo e causou a morte de 3 plantas da linha 1, então, o estresse resultante da salinidade do solo que pode ter dificultado a absorção de nutrientes para a planta, conseqüentemente, a matéria seca da parte aérea ter sido a mais baixa. A que se considerar que o peso da matéria seca da parte aérea pode aumentar pelo crescimento da planta devido à presença de uma lâmina de água sob as plantas. Dutra (2014) considera que a matéria seca da parte aérea do arroz pode ser influenciada significativamente pelos níveis de água do solo favorecendo um crescimento linear da planta. O peso médio da matéria seca das linhas e da variedade Limpopo pode ser devido a factores genéticos.

Conforme se pode observar na Figura 6, o peso médio da matéria seca da parte aérea da planta no S_{normal} do solo diferiu estatisticamente nos restantes níveis de salinidade do solo e nos ambientes $S_{médio}$ e S_{alto} não diferiu estatisticamente. Este peso diminuiu linearmente com o aumento dos níveis de salinidade do solo, sendo 37.4, 20.6 e 16.3 dS/m nos níveis de salinidade S_{normal} , $S_{médio}$ e S_{alto} respectivamente.

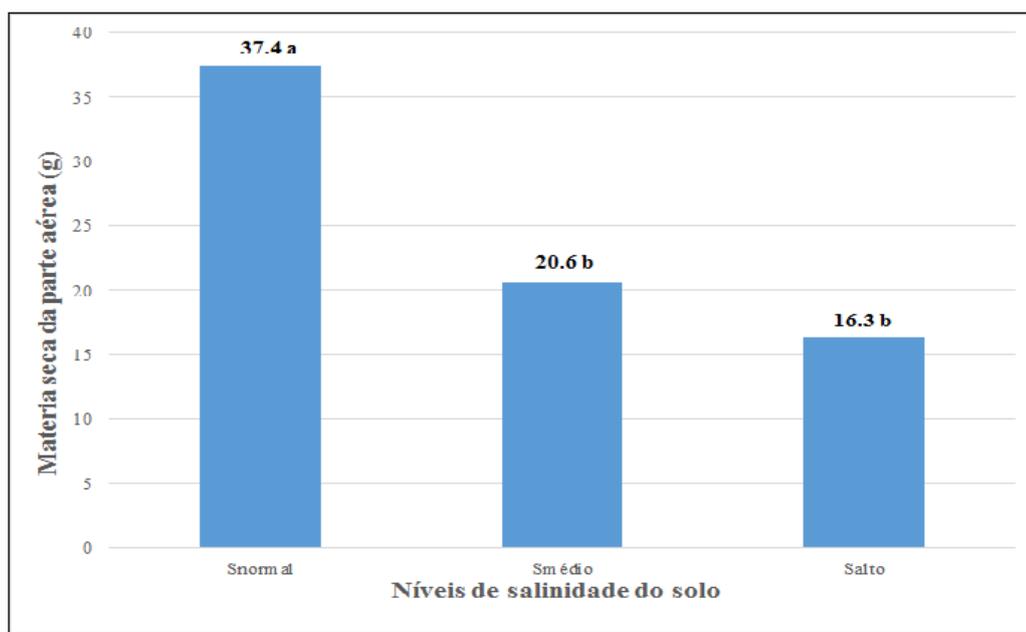


Figura 6: Comparação de médias da matéria seca da parte aérea nos diferentes níveis de salinidade do solo

Nota: Pares de médias com a mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Num estudo similar Rodrigues *et al.* (2005) constatou que as reduções da matéria seca foram linearmente relacionadas com o aumento da salinidade e verificaram-se decréscimos de 79.07, 94.48 e 85.40% na matéria seca da parte aérea da planta (PA), matéria seca da parte radicular (R) e matéria seca da planta (ms) respectivamente.

Toppa & Brambilla (2011) mencionou que o aumento da salinidade do solo diminui a matéria seca da parte aérea da planta e Scivittaro *et al.* (2012), por sua vez, constatou que a estatura de planta e a produção de matéria seca da parte aérea das variedades de arroz diminuíram proporcionalmente com o aumento do nível de sal na água de irrigação aplicada na fase vegetativa. Os resultados deste estudo sobre o efeito da salinidade na matéria seca da planta são concordantes com os autores Toppa & Brambilla (2011) e Scivittaro *et al.* (2012).

A teoria sobre a tolerância de plantas sobre a salinidade dos solos é apresentada por Scivittaro *et al.* (2012), na qual argumenta que o estresse salino inibe o crescimento das plantas, por reduzir o potencial osmótico da solução do solo, restringindo a disponibilidade da água e/ou pela acumulação excessiva de íons nos tecidos vegetais, podendo ocasionar toxicidade iônica, desequilíbrio nutricional, ou ambos.

O grau com que cada um desses componentes do estresse influencia o crescimento ou o desenvolvimento e a qualidade de produção das plantas, é dependente de muitos factores, dentre eles a espécie vegetal, o genótipo e o estágio fenológico, a composição salina do meio, intensidade e duração do estresse e das condições edafoclimáticas e o manejo de irrigação (Rodrigues *et al.*, 2005). A afirmação de Rodrigues *et al.* (2005), está em concordância com os resultados encontrados neste ensaio dos quais a massa seca da parte aérea e radicular diminui com o aumento dos níveis de salinidade.

b) Matéria seca da parte radicular da planta

A análise de variância mostrou que o factor linha não apresentou efeito significativo sobre o peso médio da parte radicular das plantas. A mesma análise mostrou também que o factor salinidade do solo e a interacção entre os factores linha e salinidade do solo tiveram efeito significativo sobre o peso médio da parte radicular das plantas (conforme ilustrado na Tabela 7).

Os resultados da interacção entre os factores linha e salinidade do solo apresentados na Tabela 9, mostraram que a linha 1 não teve diferença significativa entre si sobre a matéria seca da parte radicular nos níveis de salinidade S_{normal} e $S_{médio}$ do solo, mas esta linha (L1) mostrou diferença significativa sobre a matéria seca da parte radicular no nível de salinidade S_{alto} do solo. A linha 2 mostrou diferença significativa sobre a matéria seca da parte radicular nos 3 níveis de salinidade (S_{normal} , $S_{médio}$ e S_{alto}). A linha 3 e a variedade 4 mostraram diferença significativa sobre a matéria seca da parte radicular no nível de salinidade S_{normal} do solo, mas nos níveis de salinidade $S_{médio}$ e S_{alto} não mostraram diferença significativa entre si sobre a matéria seca da parte radicular.

Tabela 9: Interacção entre os factores linha e salinidade do solo na matéria seca da parte radicular das plantas do arroz

Linhas/variedade	Níveis de salinidade (Sd/m)		
	S_{normal}	$S_{médio}$	S_{alto}
L1	1.6Ba	1.1Aa	0.6Ab
L2	1.8Ba	1.1Aab	0.9Ab
L3	2.4Aa	1.3Ab	1.2Ab
V4	2.8Aa	1.4Ab	1.3Ab

Pares de médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

No nível de salinidade S_{normal} do solo, as linhas 1 e 2 não diferiram entre si sobre a matéria seca da parte radicular, também neste nível de salinidade a linha 3 e a variedade 4 não diferiram estatisticamente entre si sobre a matéria seca da parte radicular. Nos níveis de salinidade $S_{\text{médio}}$ e S_{alto} do solo, as linhas 1, 2, 3 e a variedade 4 não diferiram estatisticamente entre si sobre a matéria seca da parte radicular respectivamente (Tabela 9).

De acordo com Dutra (2014), no seu estudo de ecofisiologia e alteração bioquímica do arroz vermelho sob níveis de água no solo e cultivo ornamental constatou que à medida que se aumenta os níveis de água no solo, ocorre um decréscimo na matéria seca da raiz do arroz chegando a atingir uma redução de 23.5% na maior quantidade de água aplicada no solo. Esta afirmação é contrariada por Bianchet (2006), pois este relatou que quanto maior o período de drenagem, menor a quantidade de massa que é alocada às raízes.

Esta autora (Dutra, 2014) explica que a redução da massa alocada às raízes acontece pela redução no comprimento, na área e no volume das raízes promovido pela retida da água. Mas Dutra (2014), não foi coerente com a sua asserção de que o aumento de níveis de água no solo, reduzem a matéria seca da raiz, pois, mais adiante no seu relato, destaca que plantas sob condições inadequadas de fornecimento de água apresentam menor produção de massa seca quando comparadas com aquelas mantidas a elevados potenciais de água no solo. No estudo sobre as linhas e variedade de arroz procedeu-se a rega regular de 2 em 2 dias, o que possibilitou permanência de lâmina de água no ensaio.

A média da matéria seca da parte radicular não diferiu estatisticamente em todas as linhas e variedade de arroz. Os valores médios de peso da matéria seca da parte radicular tiveram uma escala aproximada, sendo nomeadamente 1.10 g, 1.27 g, 1.63 g e 1.83 g para as linhas 1, 2 e 3 e variedade Limpopo respectivamente. A linha 1 apresentou o valor médio mais baixo do peso da matéria seca da parte aérea (1.10 g) e a variedade Limpopo valor mais alto com 1.83 g.

Da mesma forma que aconteceu com a matéria seca da parte aérea, a massa seca da parte radicular diminuiu com o aumento de salinidade do solo de 2.2, 1.2 e 1.0 g em níveis de salinidade do solo normal, médio e alto respectivamente. Estes resultados foram similares ao do Carmona *et al.* (2011) e por Toppa & Brambilla (2011), onde sustentaram que a salinidade do solo afecta directamente o crescimento das plantas reduzindo o potencial osmótico da solução do solo, acumulando os iões específicos no tecido vegetal em condições tóxicas e alterando o aspecto nutricional da planta. Rodrigues *et al.* (2005), afirma que resultados

diferentes podem ocorrer dependendo do grau com que cada um desses componentes do estresse influencia o crescimento ou desenvolvimento e a qualidade de produção das plantas.

4.2.5. Relação raiz parte aérea (R/PA)

A análise de variância mostrou que os factores linha de arroz e salinidade do solo e a interacção entre eles não exerceram efeito significativo sobre a relação da matéria seca da raiz da parte radicular e parte aérea das plantas (conforme ilustrado na Tabela 7).

Cruz *et al.* (2006) constatou que existe uma semelhança na redução da massa seca dos componentes das plantas, na influência da salinidade sobre o crescimento e a absorção e distribuição do Na e Cl e dos macronutrientes em plântulas. O autor em alusão não verificou influência da salinidade sobre a relação raiz/parte aérea. De acordo com este autor, este facto significa que a imposição do estresse não determinou competição pela distribuição de assimilados entre a raiz e a parte aérea e verificou que a massa seca das raízes, folhas e caule, à semelhança da massa seca total, também apresentou redução em função das aplicações de NaCl. Os decréscimos no acúmulo de matéria seca foram de 20.0% para as raízes, 22.0% para as folhas e 28.0% para o caule + pecíolo.

Contrariamente a Cruz *et al.* (2006) que constatou uma semelhança na redução da massa seca dos componentes da planta, na influência a salinidade, Rodrigues *et al.* (2005) & Carmona (2011) no estudo sobre as plantas do arroz, constataram que o efeito da salinidade era mais intenso sobre o sistema radicular (R) que sobre a parte aérea (PA), resultando em redução linear de 5,7% na relação R/PA por aumento unitário da salinidade.

Num outro estudo sobre plantas de arroz, Rodrigues *et al.* (2005), constatou que a relação R/PA foi afetada pela condutividade eléctrica da água irrigação (CE_a), diminuindo com o aumento da salinidade. A redução da relação R/PA foi de 12.64% entre 0.5 e 8.5 dS/m.

De acordo com Dutra (2014), a água influencia a relação R/PA e é reduzida significativamente com o aumento dos níveis de água disponível no solo com diminuição na ordem de 0.001 em cada aumento unitário de água. Isto talvez aconteceu porque as raízes não fazem esforço, não se alongam muito, para captar a água, pois ela está sempre disponível.

De acordo com Bianchet (2006), nos casos em que há maior período de drenagem de água, o comprimento radicular reduz com o aumento do período de drenagem do solo. A autora explica que isso provavelmente ocorre pela necessidade de mudança de raiz nos tratamentos

com retirada de água para se adaptarem ao ambiente aeróbico, promovido pela oxigenação do solo.

Os resultados deste estudo, vão de acordo com a asserção do Cruz *et al.* (2006) que relatou a existência da redução da massa seca dos componentes das plantas, na influência da salinidade sobre o crescimento e a absorção e distribuição do Na e Cl e dos macronutrientes em plântulas, pois a análise de variância mostrou que todas as fontes de variação não exerceram efeito significativo sobre a relação da matéria seca da parte radicular e parte aérea das plantas, porém é relevante considerar a constatação do Rodrigues *et al.* (2005) em que o efeito da salinidade foi mais intenso sobre o sistema radicular (R) que a parte aérea (PA) da planta.

4.2.6. Matéria seca da planta

De acordo com a análise de variância ocorreu um efeito significativo do factor salinidade do solo sobre a acumulação da matéria seca das plantas e não ocorreu efeito significativo no factor linha e interacção entre factor linha e factor salinidade do solo na acumulação da matéria seca das plantas (conforme ilustrado na Tabela 7). De acordo com Parambos (1995), o crescimento de uma planta é expresso pelo acúmulo de massa seca. Os valores máximos de matéria seca total encontrados no seu estudo sobre acúmulo de massa seca por planta em 3 cultivares de arroz irrigado foram 8.7, 8.6 e 6.5 g.

A percentagem da matéria seca da planta neste estudo como se pode observar na Figura 7, variou em função do nível de salinidade do solo. A acumulação da matéria seca diminuiu com o aumento do nível de salinidade do solo, sendo 39.7, 21.9 e 17.6% para os S_{normal} , $S_{médio}$ e S_{alto} respectivamente.

Cruz *et al.* (2006) em vários estudos com plantas de arroz constatou que o efeito negativo dos iões contribuem para a salinidade do solo (principalmente Na e Cl) sobre processos fisiológicos importantes para o crescimento das plantas. O efeito osmótico desses iões induz a condição de estresse hídrico às plantas e ao efeito tóxico directo, principalmente sobre os sistemas enzimáticos e de membranas.

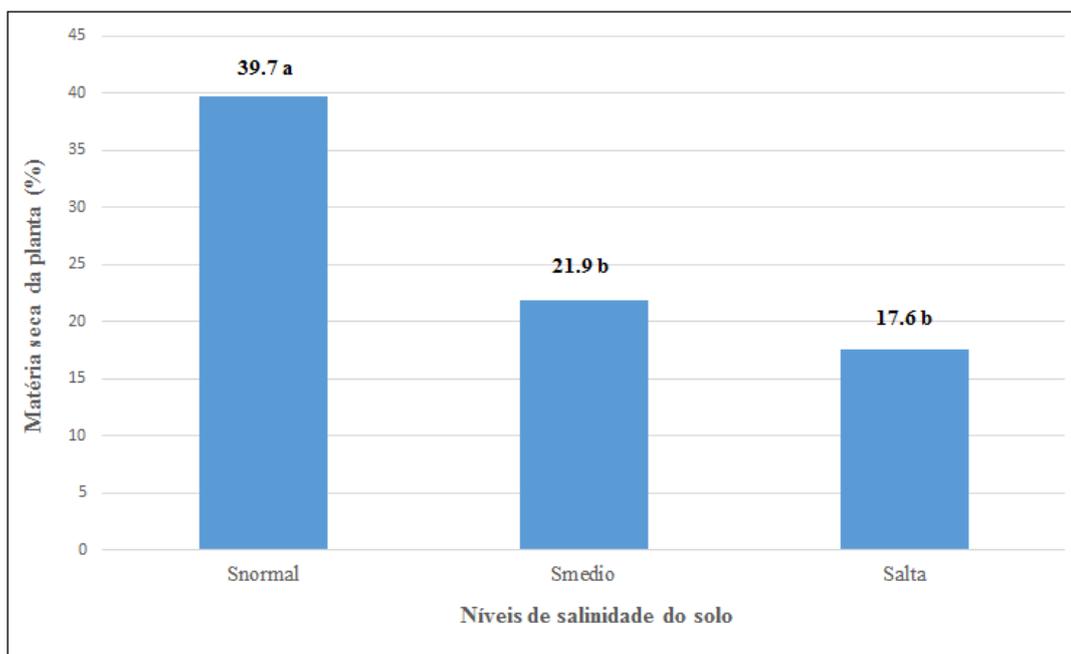


Figura 7: Comparação de médias da matéria seca da planta nos diferentes níveis de salinidade do solo

Nota: Pares de médias com a mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Neste estudo, a matéria seca das plantas foi afetada pela disponibilidade de NaCl e está em concordância com o estudo de Cruz *et al.* (2006) em que no meio de cultivo para o controle (sem NaCl) obteve-se um valor de 2,53g, enquanto para as concentrações de 50 e 100m mol.l⁻¹, as produções foram, respectivamente, de 1,96 e 1,94g. A percentagem de redução provocada pela concentração de 100 m mol.l⁻¹, em relação ao controle, foi de 23,3%.

A percentagem da matéria seca das plantas no S_{normal} do solo diferiu estatisticamente com a dos S_{médio} e S_{alto} e nestes últimos dois níveis de salinidade do solo a percentagem de matéria seca das plantas não diferiram estatisticamente entre si.

4.2.7. Espiguetas não estéreis e estéreis

A análise de variância mostrou que o factor linha de arroz foi significativo sobre o número de espiguetas não estéreis. O factor salidade do solo e a interacção entre os factores linha e salinidade do solo não foi significativo no número de espiguetas não estéreis. Relativamente ao número de espiguetas estéreis, a análise de variância mostrou que não houve nenhum efeito significativo nos factores da fonte de variação nem na interacção entre si (conforme foi ilustrado na Tabela 7).

De acordo com Carmona (2011), a salinidade do solo ocasiona aumento da esterilidade das espiguetas quando estiver acima do nível do tolerável ($>3\text{dS/m}$). Ele considera que, dependendo do período de desenvolvimento do arroz, em especial de plântula e reprodutivo, a salinidade do solo pode causar danos irreversíveis, ocasionando diminuição de perfilhamento, esterilidade de espiguetas e morte de plantas.

De acordo com Noldin *et al.* (2004) e Terra (2008), outros factores que podem causar a esterilidade de espiguetas são a ocorrência de espiguetas estéreis durante a fase de diferenciação do primórdio floral e microsporogênese, que pode ser explicada provavelmente pelas temperaturas superiores a 37°C , pois estas são consideradas prejudiciais à planta de arroz na fase reprodutiva e a característica fortemente influenciada pelos genótipos ($p < 0.05$) observados em dois ambientes de cultivo (cultura irrigada e em estresse hídrico).

Este estudo mostrou que o menor número de espiguetas não estéreis foi observado na linha 1 e o maior na variedade 4 com 38.4 e 100.1 respectivamente. A linha 2 apresentou mais número de espiguetas não estéreis depois da variedade 4 e a linha 3 apresentou 86.7 espiguetas não estéreis. A linha 1 diferiu estatisticamente das restantes inclusive a variedade 4, mas entre as linhas 2, 3 e variedade 4 não mostraram entre si diferença significativa no número de espiguetas não estéreis (Figura 8).

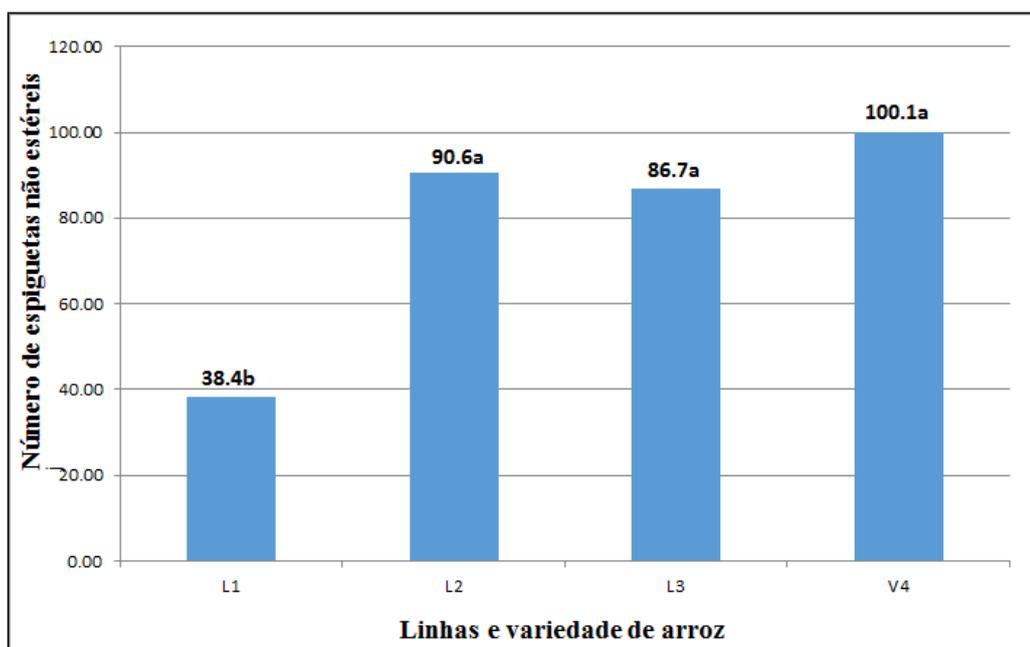


Figura 8: Comparação de médias de número de espiguetas não estéreis das linhas e variedade

Nota: Pares de médias com a mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

O número de espiguetas não estéreis apresenta uma tendência de diminuir com o aumento de salinidade do solo, embora a análise de variância tenha mostrado que esta diminuição não foi significativa (Figura 9, conforme foi ilustrado na Tabela 7). Este estudo apresentou resultados que estão em concordância com Carmona (2011), que constatou o aumento da salinidade a favorecer a existência de espiguetas estéreis.

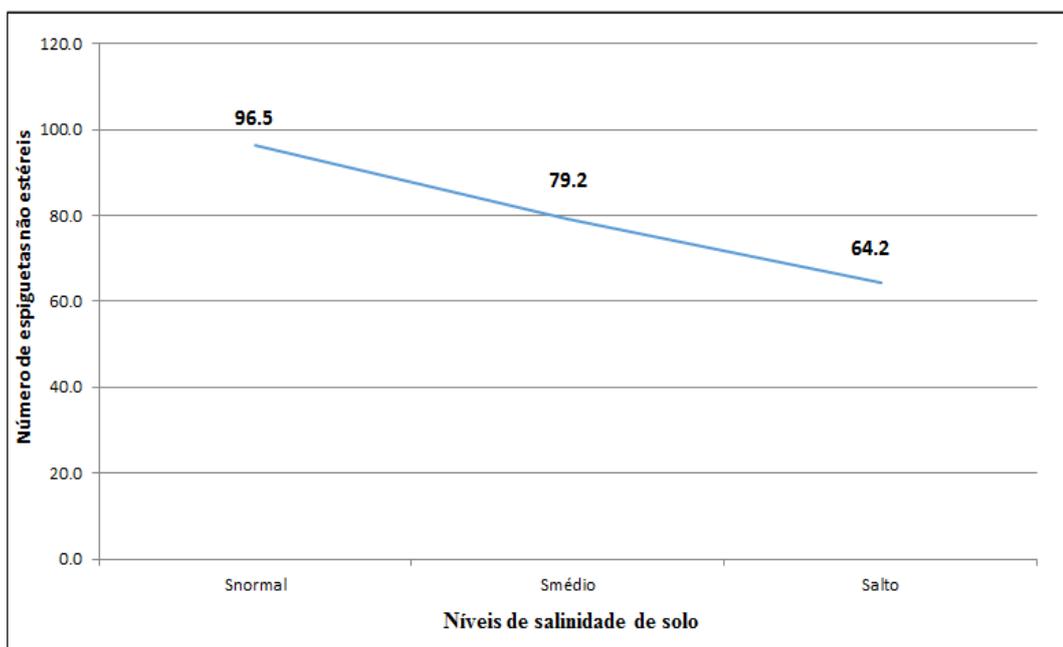


Figura 9: Comparação de médias do número de espiguetas não estéreis nos diferentes níveis de salinidade do solo

Nota: Pares de médias com a mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

4.2.8. Peso de 1 000 grãos

A análise de variância mostrou que apenas o factor linha de arroz é que exerceu efeito significativo sobre o peso de 1 000 grãos (conforme foi ilustrado na Tabela 7). O peso médio de 1 000 grãos da variedade Limpopo (V4=24.9g) foi superior ao peso das linhas 1, 2 e 3, sendo respectivamente 20.1g, 23.8g e 24.1g. Isto pode ter acontecido porque os grãos da variedade Limpopo, são, na observação visual, maiores que os das linhas e apresentam aristas compridas. A linha 3 apresenta arista menos comprida que a da variedade Limpopo apenas no grão da extremidade da espiguetas.

De acordo com a observação do Ramalho *et al.* (2007) sobre o peso médio de 1 000 grãos de arroz com casca da variedade Maravilha numa amostra de 22 campos, variou de 19.9 a 27.6g. As médias da massa de 1 000 grãos de 27 genótipos de arroz estudados pelo Galvão (2013) variaram de 19.67 a 30.03g. Portanto, o peso médio de 1 000 grãos das linhas e variedade deste estudo variaram entre 20.1 a 24.9 g (Figura 9), que se aproximam dos intervalos das médias observadas pelos investigadores Ramalho *et al.* (2007) e Galvão (2013).

Neste estudo, as linhas 2 e 3 não diferiram estatisticamente entre si, mas diferiram com a linha 1 e a variedade 4. A variação do peso médio de 1 000 grãos das linhas 2, 3 e variedade 4 foi

pequena, embora tenham diferido estatisticamente (Figura 10). Isto sugere que as diferentes linhas e variedade de arroz pouco influenciaram o peso de 1 000 grãos, o mesmo se verificou no estudo conduzido por Galvão (2013), onde a variação do peso médio de 1 000 grão de arroz foi muito pequena em dois ambientes (sistema de plantio directo e convencional).

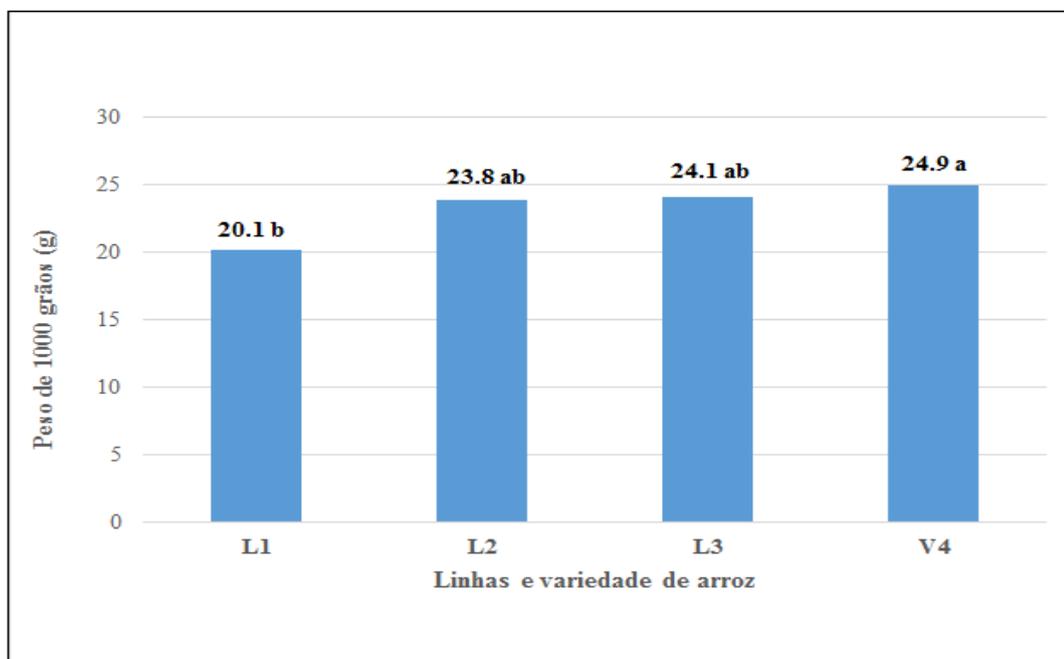


Figura 10: Comparação de médias do peso de 1 000 grãos das linhas e a variedade de arroz

Nota: Pares de médias com a mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

4.2.9. Rendimento do grão do arroz

A análise de variância mostrou que os factores linha e salinidade do solo e a interacção entre os factores linha e salinidade do solo exerceram efeito significativo sobre o rendimento do grão do arroz (conforme foi ilustrado na Tabela 7).

Os resultados da interacção entre o factor linha e salinidade do solo apresentados na Tabela 10, mostraram que as linhas 1, 2 e 3 não diferiram estatisticamente entre si sobre o rendimento do grão do arroz diferiram estatisticamente nos níveis de salinidade S_{normal} e $S_{médio}$ do solo. As linhas 1, 2 e 3 diferiram estatisticamente sobre o rendimento do grão do arroz no nível de salinidade S_{alto} do solo. A variedade 4 não foi significativamente afectada pela salinidade do solo.

Tabela 10: Interação entre linha e salinidade do solo no rendimento do grão do arroz

Linhas/variedade	Níveis de salinidade (dS/m)		
	S _{normal}	S _{médio}	S _{alto}
L1	6.4Ba	5.7Ba	4.3Bb
L2	8.7Aa	7.6Aa	6.7Aab
L3	6.3Ba	6.0Ba	4.3Bb
V4	7.0Aa	6.9Aa	6.5Aa

Pares de médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Nos 3 níveis de salinidade do solo, as linhas 1 e 3 não mostraram uma diferença significativa entre si sobre o rendimento do grão do arroz respectivamente, o mesmo aconteceu na linha 2 e a variedade 4 as quais nestes níveis de salinidade do solo não diferiram estatisticamente entre si sobre o rendimento do grão do arroz (Tabela 10).

4.3. Análise de correlação entre as variáveis medidas

Os resultados de correlação de Pearson entre as variáveis medidas mostram que as variáveis altura da planta, número de folhas, relação parte radicular e parte aérea da planta (R/PA) apresentaram correlação com o rendimento embora tenha sido moderada (altura da planta) a fraca. As restantes variáveis não afectaram no rendimento do grão do arroz. A variável altura da planta e número de folhas apresentaram uma correlação moderada positiva com o rendimento enquanto que com R/PA foi fraca negativa (Tabela 11). Isso indica que quanto maior for a altura da planta e o número de folhas, maior será o rendimento do grão da cultura ao passo que quanto maior for o R/PA, menor será o rendimento do grão do arroz.

Tabela 11: Coeficientes de correlação de Pearson entre a altura da planta (**aplant**), número de folhas (**nfolhas**), número de perfilhos (**nperfil**), matéria seca da parte aérea (**PA**), matéria seca da parte radícula (**PR**), relação matéria seca da parte radicular e parte aérea (**R/PA**), matéria seca da planta (**ms**), espiguetas não estéreis (**e-nest**), espiguetas estéreis (**e-est**), peso de 1 000 grãos (**P1000**) e rendimento do grão de arroz (**Rend**)

	aplant	nfolhas	nperfil	PA	PR	R/PA	ms	e-nest	e-est	P1000	Rend
aplant	1.00										
nfolhas	0.69*	1.00									
nperfil	0.15**	0.36*	1.00								
PA	0.41*	0.61*	0.48*	1.00							
PR	0.24**	0.55*	0.62*	0.70*	1.00						
R/PA	-0.42*	-0.35*	0.04**	-0.42*	0.24**	1.00					
ms	0.40*	0.62*	0.49*	0.99*	0.72*	-0.40*	1.00				
e-nest	-0.05**	0.01**	-0.06**	-0.12**	0.13**	0.29**	-0.10**	1.00			
e-est	0.10**	0.12**	0.13**	0.14**	0.21**	-0.02**	0.15**	0.08**	1.00		
P1000	0.40*	0.55*	0.35*	0.30**	0.32**	-0.12**	0.31**	0.20**	0.38*	1.00	
Rend	0.55*	0.44*	0.15**	0.19**	0.08**	-0.38*	0.19**	0.13**	0.08**	0.25**	1.00

* Significativo a 5% de significância

** Não significativo a 5% de significância

Foi constatado neste estudo o aumento do rendimento do grão de arroz em função do aumento da altura da planta na linha 2 a qual apresentou a maior altura e maior rendimento em detrimento das linhas 1 e 3 e variedade Limpopo. A melhor altura encontrada na linha 2 pode ter ocorrido provavelmente porque ela respondeu melhor a adubação e conseqüentemente beneficiou-se do enchimento do grão do arroz. De acordo com Lopes *et al.* (2013), trabalhando com adubação nitrogenada, observou que as doses de nitrogênio promoveram aumento na altura das plantas, nas diferentes épocas de aplicação de N.

A adubação nitrogenada, para além de promover o aumento da altura das plantas, aumenta também o número de perfilhos na cultura de arroz e a linha 2 é que apresentou maior número de perfilhos em relação as outras linhas e variedade Limpopo (Figura 3). Num estudo similar, João *et al.* (2015), observou que a disponibilidade de Nitrogênio influenciou o número de afilamento por unidade de área positivamente. Sendo assim, o aumento do número de afilamento, pode aumentar o rendimento do grão do arroz.

Na correlação entre o número de folhas e o rendimento do grão do arroz, mostrou que houve aumento do rendimento do grão de arroz influenciado pelo aumento do número de folhas, que provavelmente através da fotossíntese contribuíram no enchimento do grão do arroz. Embora

a linha 3 e a variedade 4 tenham apresentado maior número de folhas por planta neste estudo, o número médio do factor linha não teve efeito significativo.

A maior relação R/PA foi constatada na linha 3 e foi a que apresentou, conforme a figura 11, o menor rendimento do grão de arroz e não diferiu da linha 1, mas difere da linha 2 e variedade 4 as que apresentaram o maior rendimento.

Resultados similares foram observados por Dutra (2014), no estudo sobre a morfologia e distribuição de raízes de arroz irrigado por inundação e sua relação com a absorção de nutrientes e o rendimento de grãos, onde o rendimento do grão do arroz reduziu com a maior relação R/PA. Os resultados deste estudo estão em concordância com os encontrados por Dutra (2014) em que rendimento do grão do arroz reduziu com maior relação R/PA.

A cultura de arroz é mais afectada por salinidade do solo nas fases de plântula e floração, sendo assim, há uma necessidade de se correlacionar as espiguetas estéreis com o rendimento, pois esta variável (espiguetas estéreis) influencia na diminuição do rendimento do grão de arroz.

Observa-se na Figura 11 que neste estudo, o aumento da salinidade do solo causou o aumento de espiguetas estéreis, mas de não significativamente, o que significa que o rendimento do grão do arroz não foi consideravelmente afectado com o aumento da salinidade do solo. Era de esperar que ocorresse esterilidade das espiguetas e que a correlação com o rendimento fosse forte e negativa pois, de acordo com Carmona (2011), a salinidade do solo ocasiona aumento de esterilidade das espiguetas quando estiver acima do nível do tolerável ($CE_e > 3.0$ dS/m).

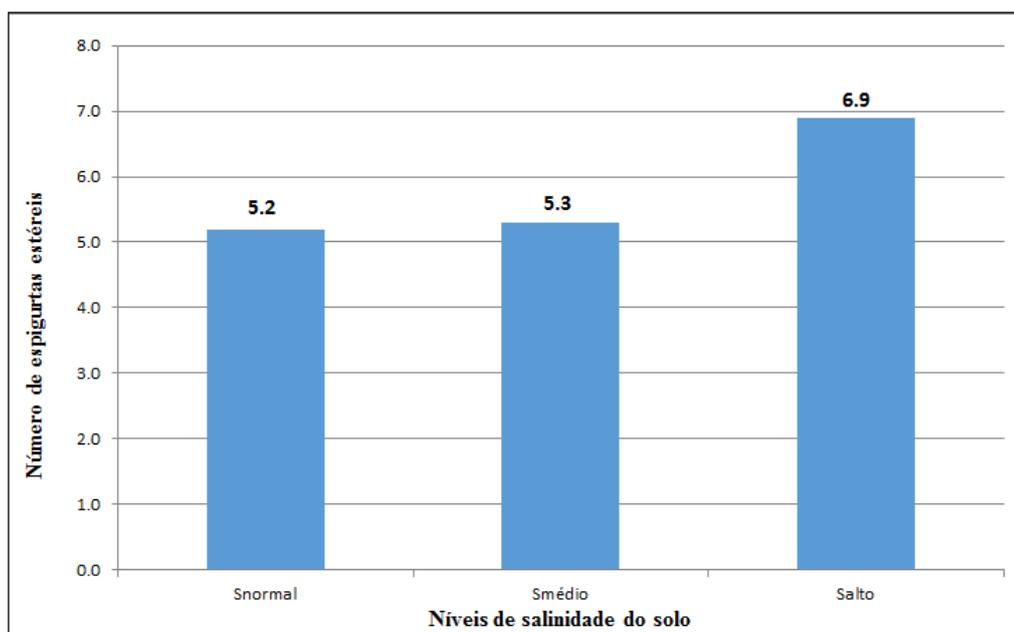


Figura 11: Comparação de médias do número de espiguetas estéreis nos diferentes níveis de salinidade do solo

Nota: Pares de médias iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância

4.4. Análise de regressão entre a salinidade do solo e o rendimento grão

A análise de regressão mostra que há uma relação de dependência linear directa entre o rendimento do grão das linhas de arroz e a salinidade do solo. Todos os coeficientes de regressão determinados (R^2) são grandes e próximos de 1, o que indica que a correlação entre os níveis de salinidade do solo e os rendimentos de grão das linhas e variedade de arroz se ajustam perfeitamente ao modelo de regressão. Os coeficientes de regressão (R^2) determinados foram de 99.7%, 89.30%, 89.30%, 97.8% e 97.2% para as linhas 1, 2, 3 e variedade Limpopo respectivamente (Figura 12).

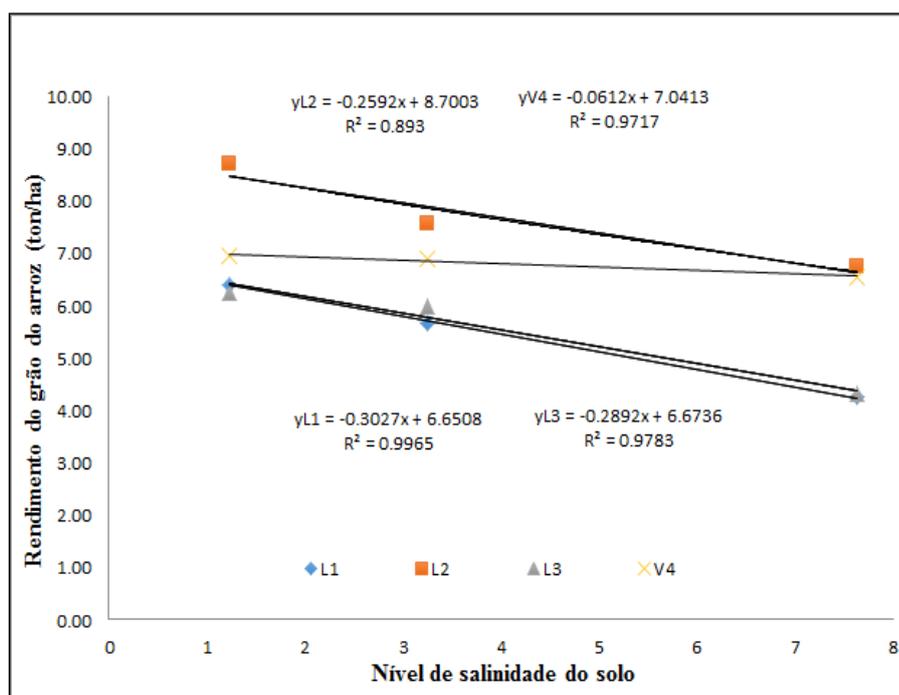


Figura 12: Rendimento do grão das linhas e variedade do arroz em função dos níveis de salinidade do solo

À medida que o nível de salinidade foi aumentado, o rendimento do grão de todas as linhas e variedade Limpopo foi diminuindo, porém a variedade Limpopo foi a menos afectada. O que significava que a variedade Limpopo foi a mais resistente a salidade que as linhas de arroz devido a inclinação das curvas que foi menos acentuada, mas a linha 2 apresentou-se mais tolerante a salinidade e teve o melhor rendimento que as restantes linhas e variedade Limpopo.

V. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

5.1. Conclusões

É objecto deste estudo caracterizar as diferentes linhas de arroz em função do seu comportamento aos níveis de salinidade do solo, identificar as linhas de arroz tolerantes a salinidade do solo e determinar o rendimento e seus respectivos componentes em diferentes níveis de salinidade do solo.

De acordo com os objetivos e análises feitas conclui-se:

- O nível de salinidade do solo alto ($S_{\text{alto}}=7.63 \text{ dS.m}^{-1}$) causou danos fisiológicos às plantas exceptuando para a linha IR88358-B-AJY1-B (linha 2) que não apresentou nenhuma morte por devido à salinidade.
- A linha IR88358-B-AJY1-B foi a mais tolerante à salinidade do solo seguida da variedade Limpopo.
- O maior rendimento do grão do arroz registou-se na linha 2 (IR88358-B-AJY1-B) com 7.7 ton.ha^{-1} seguida da variedade local Limpopo com 6.8 ton.ha^{-1} . Os rendimentos baixos foram iguais e registados nas linhas IR86384-58-2-1-B (linha 1) e IR77664-B-B-25-1-2-1-3-12-5-AJY1 (linha 3) com 5.5 ton.ha^{-1} .
- A variedade Limpopo apresentou maior número de espiguetas não estéreis com 100.1 seguida da linha 2 (IR88358-B-AJY1-B) que teve 90.6.
- O maior peso de 1 000 grãos foi registado na variedade Limpopo seguida da linha 3 com 24.9g e 24.1g respectivamente.
- A interacção entre os factores linha e salinidade do solo nas variáveis altura da planta, matéria seca da parte radicular e rendimento do grão do arroz foi significativa. No nível de salinidade normal a linha 1 apresentou maior altura com 71.4 cm e a linha 2 apresentou maior massa da matéria seca da parte radicular com 2.8 g e rendimento com 8.7 ton.ha^{-1} .

5.2. Recomendações

Na base dos aspectos analisados previamente acima, recomendaria:

- Estabilização e libertação da linha IR88358-B-AJY1-B (linha 2) para a produção de arroz pelos agricultores nos diferentes níveis de salinidade do solo do regadio de Chókwé.

- Realização de estudos similares em várias regiões agro-ecológicas do país, envolvendo mais níveis de salinidade do solo, de forma a produzir uma informação consistente do efeito da salinidade do solo na produtividade do arroz.
- Realização de estudos das variedades parentais e o mesmo incluir no banco de sementes de arroz de Moçambique a fim de serem usadas para ambientes salinos.

VI. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Almeida, Otávio Álvares Da. (2010). Qualidade de água de irrigação. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Emprapa. 232p.
- Alvarez, Rita de C. F.; Crusciol, Carlos. A. C. & Nascente, Adriano S. (2014). Produtividade de arroz de terras altas em função de reguladores de crescimento. Universidade Federal de Viçosa. Brasil. 61(1): 42-49
- Bianchet, Paula (2006). Períodos de drenagem do solo no perfilhamento em arroz irrigado cultivado no sistema pré-germinado. UDESC. CAV. Faculdade de Agronomia. 91p.
- Bolsa de Mercadorias de Moçambique & Instituto Nacional de Estatística (2016). Descrição dos produtos transacionáveis na bolsa de mercadorias de Moçambique. Direcção de Negócios Estrangeiros. Departamento de Estudos e Estatística. Maputo. 53p.
- Campos, I. S & Assunção. M. V. (1990). Efeitos do cloreto de sódio na germinação e vigor de plântulas de arroz. *Pesquisa-Agiopecuária brasileira*. 25(6):837-843.
- Carmona, Filipe de C. (2011). Salinidade da água e do solo e sua influência sobre o arroz irrigado. Tese de Doutorado. Faculdade de Agronomia. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre (RS). Brasil. 132p.
- Carvalho, João A. De. (2006). Espaçamento e densidade de semeadura para arroz de terras altas de ciclo superprecoce. Lavras. Minas Gerais. 93p.
- Cruz, Jailson L; Pelacani, Claudinéia R.; Coelho, Eugênio F.; Caldas, Ranulfo C.; Almeida, Adriana Q. De & Queiróz, Jurema R. De. (2006). Influência da salinidade sobre o crescimento e a absorção e distribuição do sódio e Cloro e dos macronutrientes em plântulas de Maracujazeiro-amarelo. *Bragantia, Campinas*. 65(2): 275-284.
- Danielowski, Rodrigo (2013). Estresse salino em genótipos de arroz: correlação entre dois sistemas de cultivo. Pelotas. Brasil. Dissertação de Mestrado. 68p.
- Dutra, Kátia O. G. (2014). Ecofisiologia e alteração bioquímica do arroz vermelho sob níveis de água no solo e cultivo orgamíneral. Universidade Estadual da Paraíba. Campina Grande – PB. 74p.

- Fageria, Nand K. (1991). Tolerance of rice cultivars to salinity. CNPAF. Pesquisa agropecuária brasileira. Brasília. 26(2): 281-288.
- Ferreira, F. V. (1991). Estatística experimental aplicada à agronomia. Brasil. 58p.
- Filho, Marcelino S. F. (2006). Caracterização e avaliação do cultivo do arroz em sistema de Vazante na Baixa Maranhense. São Luís. Estado do Maranhão. Brasil. 131p.
- Freitas, Thais F. S. De; Silva, Paulo R. F. Da; Strieder, Mércio L. & Silva, Adriano A. Da (2006). Validação de escala de desenvolvimento para cultivares brasileiras de arroz irrigado. *Ciência Rural Santa Maria*. 36(2): 404-410.
- Galvão, Lindemberg de M. (2013). Avaliação e seleção de genótipos de arroz irrigado e terras altas com tolerância a herbicida para o Estado de Roraima. Boa Vista – 110p.
- Ganho, Ana S. & Woodhouse, Phil (2014). Oportunidades e condicionalismos da agricultura no regadio de Chókwè. 67p.
- Gomez, K. A. & Gomez, A. A. (1976). Statistical procedures for agricultural research with emphasis on rice. International Rice Research Institute, Manila, Philippines. 293p.
- Guimarães, Cleber M.; Fageria, Nand K. & Filho, Morel P. B. (2002). Como a planta de arroz se desenvolve. Potafos. Encarte de informação agronómica. 12p
- Hoguane, António M. (2007). Perfil diagnóstico da zona costeira de Moçambique. Revista de Gestão Costeira Integrada. UNIVALI. 7(1): 69-82.
- Instituto Nacional de Estatísticas (1999). Estatísticas de Moçambique. Maputo. 54p
- Instituto Nacional de Estatísticas (2011). Estatísticas de Moçambique. Maputo. 61p
- Instituto Nacional de Estatísticas (2013). Estatísticas de Moçambique. Maputo. 67p
- Jha, D; Chirly, M; Tester, M & Roy, S. J. (2010). Varietion in salinity tolerance and shootsodium accumulation in *Arabidopsis Ecotypes* linked to differences in the natural expression levels of transporters involved in sodium transport. Plant, Cell & Environment. Australia. 33(1): 797-804.

João, Júlio & Cipriano, Sueco A. (2015). Efeito de nitrogênio no rendimento do grão da cultura do arroz (*Oryza sativa* L.). Ministério da Agricultura e Segurança Alimentar e Universidade Católica de Moçambique. Faculdade de Agricultura. Pp 1-10.

Junior, J. A. De Lima & Da Silva, A. L. Perreira (2010). Estudo do processo de salinização para indicar medidas de prevenção de solos salinos. Centro Científico Conhecer. Goiânia. Brasil. Pp95-104

Lemes, E. S; Dias, L. W; de Oliveira, S; de Mendonça, A. O; Meneghello, G. E & Barros, A. C. S. A. (2012). Produtividade, Qualidade Fisiológica e Expressão Isoenzimática de Sementes de Arroz submetidas a Salinidade. Pp106-167.

Lopes, Rafael A.; Buzeiti, S.; Filho, M. C. M. T.; Beneitt, Cleiton. G. S. B. & Arf, Marcelo V. (2013). Doses, fontes e épocas de aplicação de nitrogênio em arroz de terras altas cultivado em sistema de semeadura direta. Universidade Federal Rural do Semi-Árido. Brasil. Pp79-87.

Machado, Marcelo D. & Luz, Pettersn B. Da (2009). Desenvolvimento de plantas de arroz de terras altas em função de doses da cinza da casca de arroz. Academia do curso de agronomia – UNEMAT. Universidade do Estado de Mato Grosso. 42-59p.

Marques, Paula (2009). A cultura de arroz. COTArroz. 43p.

Medeiros, J. F. De (2010). Qualidade da água de irrigação e evolução da salinidade nas propriedades assistidas pelo ‘GAT’ nos estados do RN, PB e CE. Campina Grande: UFPB, Dissertação de Mestrado. Pp91-115.

Menete, M. Z. L. (2005). Performace of the System of Rice Intensification (SRI) on salt-affected soils in Southem Mozambique, Cornell University – Dissertação para o grau de Doctor of Philosophy. 115p.

Ministério da Agricultura e Desenvolvimento Rural (1999). Maputo. 40p

Ministério da Administração Estatal (2005). Perfil do distrito de Chókwè. Gaza. 55p

Moreira, Marcos A. B. & Barros, Luiz C. G. (2004). Manejo e controle das principais pragas da cultura do arroz irrigado na região do Baixo São Francisco. Embrapa. 21p.

Mosca, J. (2011). Políticas Agrárias de (em) Mocambique (1975-2009). Livraria Escola Editora. Lisboa. 97p.

Mudema, João A. & Manjate, Graça. (2014). Rentabilidade da produção de arroz com utilização de um pacote tecnológico melhorado no regadio de Chókwè, província de Gaza. Relatório preliminar de pesquisa nº 9p. IIAM. 37p.

Noldin, J. A.; Yokoyama, S.; Stuker, H.; Rampelott, F. T.; Gonçalves, M. I. F.; Eberhardt, D. S.; Abreu, A.; Antunes, P. & Vieira, J. (2004). Desempenho de populações híbridas F2, de arroz vermelho (*Oryza sativa*) com arroz transgênico (*O. Sativa*) resistente ao herbicida amônio-glufosinate. Planta daninha, Viçosa-MG. 22(3): 381-395.

Organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura (2013). Base de dados FAOSTAT. Disponível em: <http://faostat.fao.org/site/567/default.aspx#ancor>. Acessado no dia 06/07/2014.

Parambos, Juçara T.; Marchezan, Enio & Dutra, Luiz M. C. (1995). Acúmulo de massa seca em três cultivares de arroz irrigado com diferentes arquitetura de plantas. Ciência Rural. Santa Maria. 25(1): 55-60.

Pereira, Vicente S. & Martins, Sérgio R. (2010). Indicadores de sustentabilidade do agroecossistema arroz orgânico com manejo de água contínuo na bacia do Araranguá (SC) mediante aplicação da metodologia MESMIS. *Revista Brasileira de Ciências Ambientais*. (15): 57-80.

Ramalho, André R.; Utumi, Marle M. & Costa, Cícero. (2007). Campanhas de produção de sementes de arroz e milho em comunidades rurais rondonienses. Embrapa. Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Porto Vermelho. 20p.

Ramos, Lina M.; Sanches, Adhemar; Cotes, José M. & Filho, Alberto C. (2011). Adaptabilidade e estabilidade do rendimento de genótipos de arroz, mediante duas morfologias de avaliação na Colômbia. Colômbia. Pp 49-49.

Rodrigues, L. N.; Fernandes, Pedro D.; Gheyi, Hans R.; P; Nery, Aparecida R. & Correia, Karina G. (2005). Formação de mudas de arroz irrigado com água salina. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. 9:37-41. Rever no artigo nomes

Santana, Edivaldo de S. & Mielezrski, Fabio (2015). Desenvolvimento do arroz de terras altas em resposta a adubação de cobertura. PIBIC/UFPI. 33-42p

Santos, Gil R. Dos; Chagas, Jaíza F. R & Tavares, Aline T. (2011). Danos causados por doenças fúngicas no arroz cultivado no Estado de Tocantins. Universidade Federal de Tocantins. Brazil. Pp114-157.

Scivittaro, Walkyria B.; Silva, R. S. Da; Marco, Edenara De; Klumbe, Elsa K. & Da silva, Pricila S. Da (2012). Tolerância de genótipos de arroz à salinidade de água de irrigação na fase vegetativa. *Fertbio*. 4p.

Silva, S; Scivittaro, B; Silva, S; Klumb, K & Marco, E. (2012). Avaliação visual de tolerância de genótipos de arroz à salinidade da água de irrigação. Universidade Federal de Pelotas. Pp98-125.

Silva, Vicente F. A.; Melo, Nilvan C.; Gomes, Rafaelle F.; Valente, Gislayne F. & Ferreira, Raphael L. da C. (2015). Crescimento de culturas de arroz de sequeiro sob aplicação de doses de silicato de cálcio. *Enciclopédia Biosfera*. Goiânia. 11(21): p670

Siqueira, V. (2010). Estratégia de comercialização para o produtor de arroz a partir da diversificação do período de venda. Porto Alegre. Pp98-135.

Soares, António A. (2012). Cultura do arroz. Universidade Federal de Lavras. Editora *UFLA*. (3): 119p.

Streck, Nereu A.; Bosco, Leosane C.; Michelon, Simone; Walter, Lidiane, C & Marcolin, Elio. (2006). Duração do ciclo de desenvolvimento de cultivares de arroz em função de emissão de folhas no colmo principal. *Ciência Rural*. Santa Maria. 36(4): 1086-1093.

Terra, Thiago G. R. (2008). Avaliação de características morfológicas de tolerância à seca em uma coleção nuclear de acessos de arroz de terra altas (*Oryza sativa* L.). Universidade Federal de Tocantins. GURUPI-TO. 81p

Toppa, Eder. V. B. & Brambilla Wliam P. (2011). O melhoramento de plantas e a salinidade dos solos. *Revista verde de agroecologia e desenvolvimento sustentável*. Brasil. 6(1): 21-25.

Trabalho de Inquérito Agrícola (2008). Ministério da Agricultura. Maputo. 55p

Trabalho de Inquérito Agrícola (2012). Ministério da Agricultura. Maputo. 67p

United States Agency for International Development (2012). Expansão dos recursos naturais de Moçambique. Quais são os potenciais impactos na competitividade da indústria do arroz em Moçambique? <http://www.speed-program.com/our-work>. 97p

Vieira, Adriana C. P.; Teixeira, Larissa X. T.; Watanabe, Melissa & Yamaguchi, Cristina K. (2012). Análise nas inovações na cadeia produtiva do arroz na região sul catarinense: AMESC e AMREC. EMBRAPA. 74-97p

www.aparroz.org

Willadino, Lília & Câmara, Terezinha R. (2010). Tolerância das plantas à salinidade: Aspectos Fisiológica e Bioquímicos. Enciclopédia Biosfera. Goiânia. 94p

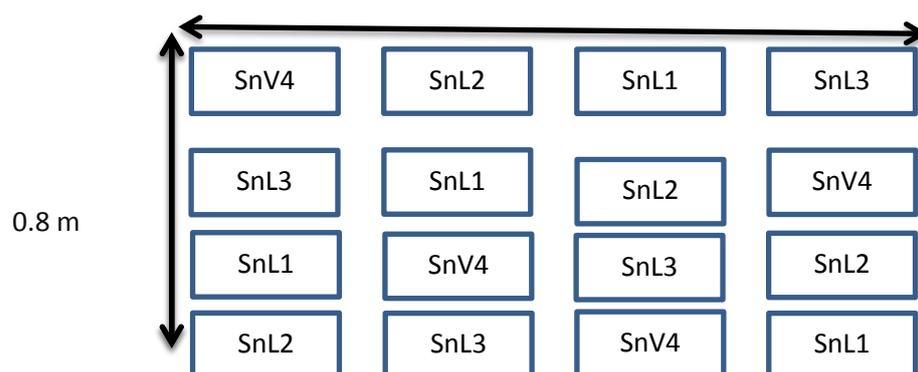
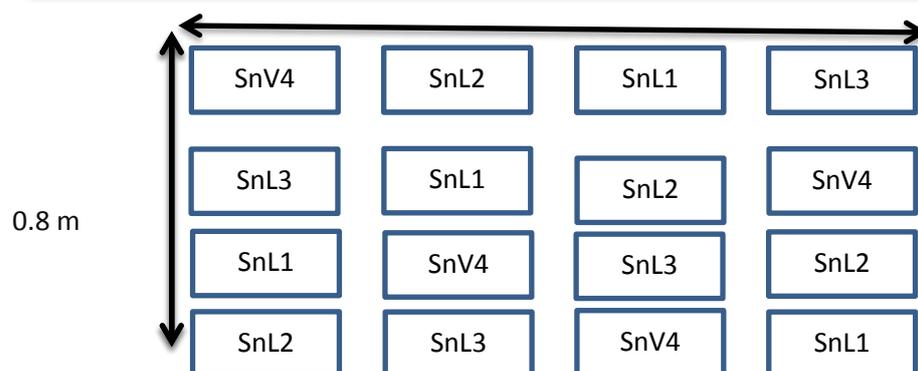
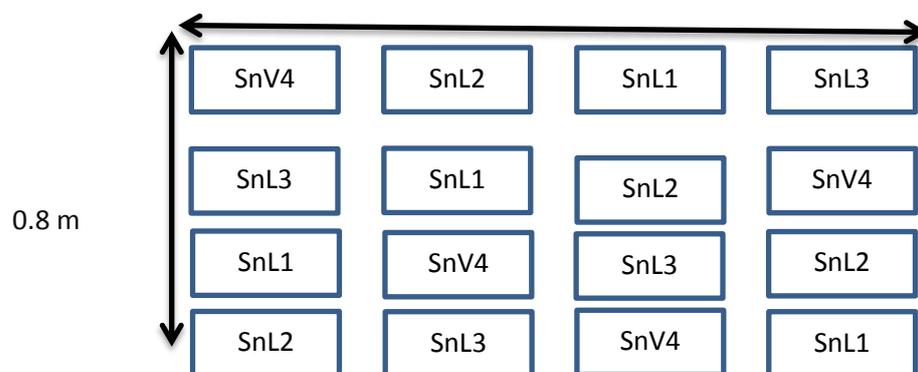
VII. ANEXOS

Anexo 7.1: Layout do ensaio

Área de ambiente do nível de salinidade normal (S_{normal})

ÁREA I

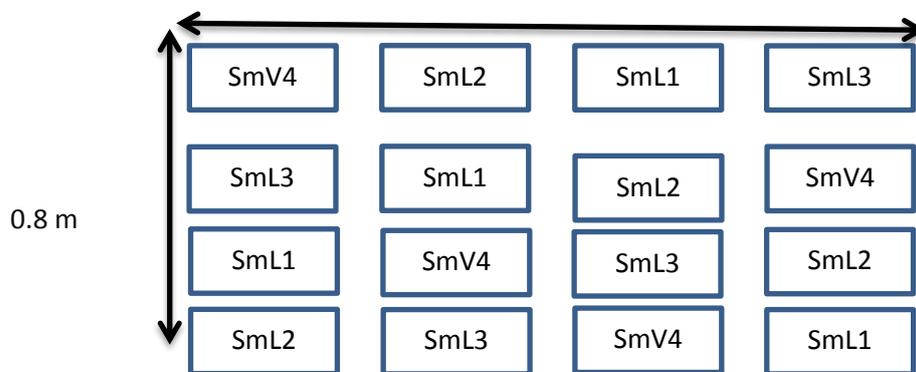
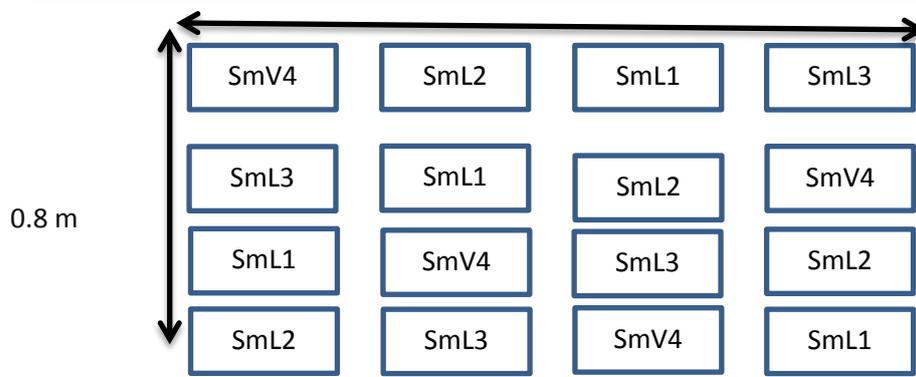
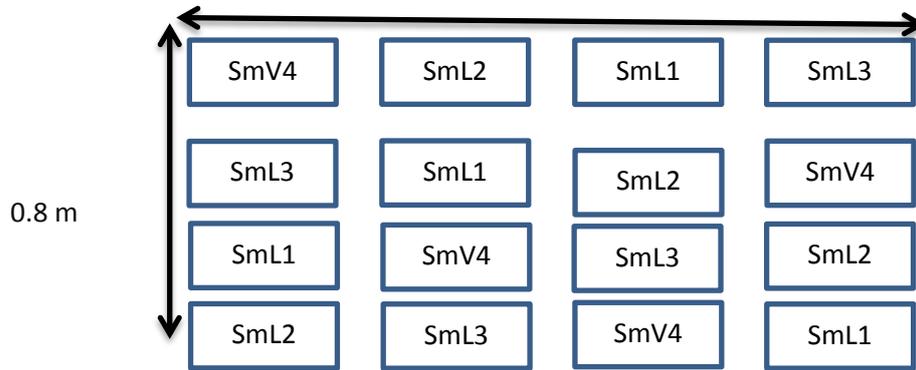
0.8 m



Área de ambiente do nível de salinidade médio ($S_{\text{médio}}$)

ÁREA II

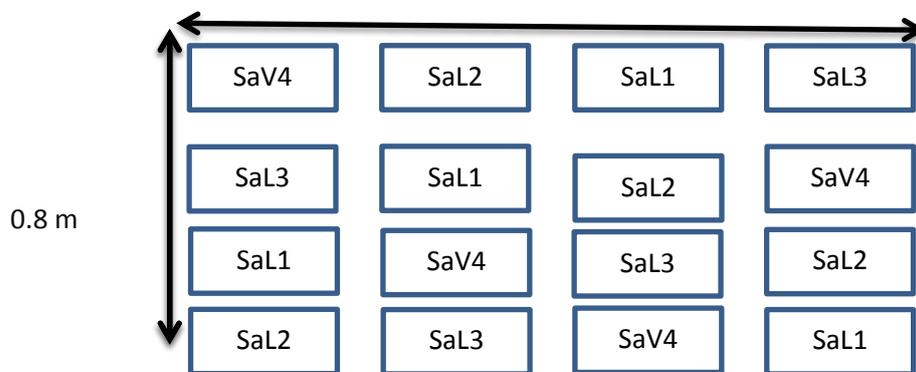
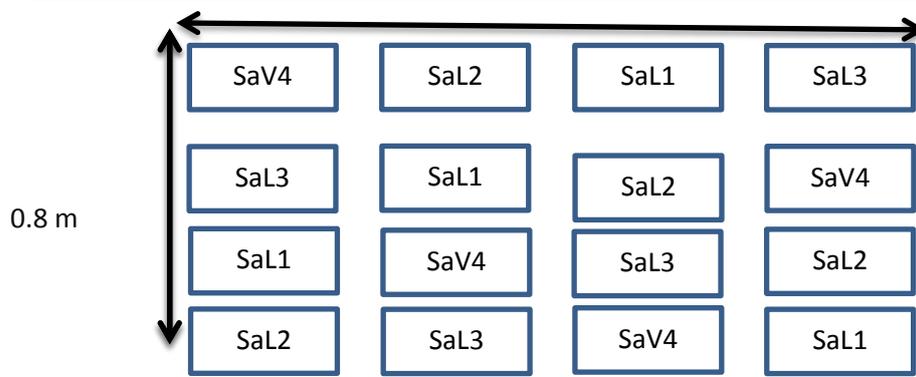
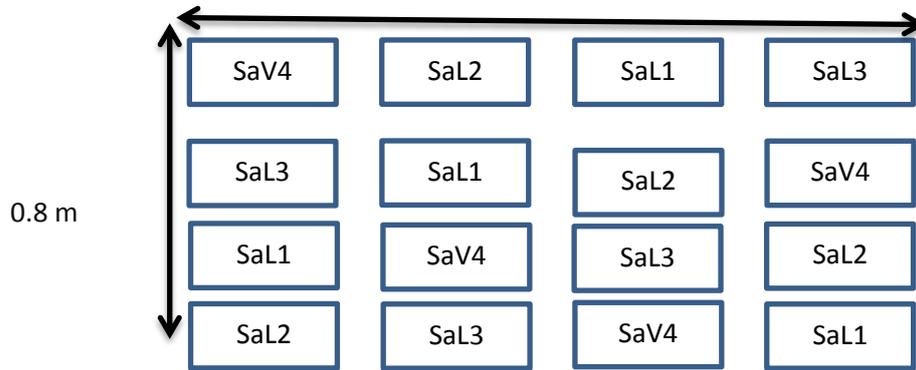
0.8 m



Área de ambiente do nível de salinidade alto (S_{alto})

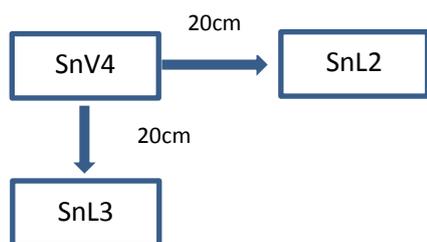
ÁREA III

0.8 m



Anexo 7.2: Disposição das unidades experimentais

Disposição das unidades experimentais



Legenda:

SnL1 –Linha IR86384-58-2-1-B com S_{normal} ($CE_e < 1.0 \text{ dS/m}$)

SnL2 –Linha IR88358-B-AJY1-B com S_{normal} ($CE_e < 1.0 \text{ dS/m}$)

SnL3 –Linha IR 77664-B-B-25-1-2-1-3-12-5-AJY1 com S_{normal} ($CE_e < 1.0 \text{ dS/m}$)

SnV4 –Variedade Limpopo com S_{normal} ($CE_e < 1.0 \text{ dS/m}$)

SmL1 –Linha IR86384-58-2-1-B com $S_{\text{médio}}$ ($1.0 \text{ dS/m} < CE_e < 3.0 \text{ dS/m}$)

SmL2 –Linha IR88358-B-AJY1-B com $S_{\text{médio}}$ ($1.0 \text{ dS/m} < CE_e < 3.0 \text{ dS/m}$)

SmL3 –Linha IR 77664-B-B-25-1-2-1-3-12-5-AJY1 com $S_{\text{médio}}$ ($1.0 \text{ dS/m} < CE_e < 3.0 \text{ dS/m}$)

SmV4 Variedade Limpopo com $S_{\text{médio}}$ ($1.0 \text{ dS/m} < CE_e < 3.0 \text{ dS/m}$)

SaL1 –Linha IR86384-58-2-1-B com S_{alto} ($CE_e > 3.0 \text{ dS/m}$)

SaL2 –Linha IR88358-B-AJY1-B com S_{alto} ($CE_e > 3.0 \text{ dS/m}$)

SaL3 –Linha IR 77664-B-B-25-1-2-1-3-12-5-AJY1 com S_{alto} ($CE_e > 3.0 \text{ dS/m}$)

SaV4 –Variedade Limpopo com S_{alto} ($CE_e > 3.0 \text{ dS/m}$)

Anexo 7.3: Análise de variância (ANOVAS) das variáveis medidas

Variáveis resposta	Factores testados	F-value	P-value
Altura da planta	Linhas	2.37	0.1088
	Salinidade	25.54	0.0001
	Linhas#Salinidade	3.59	0.0190
Número de folhas	Linhas	4.75	0.0649
	Salinidade	55.20	0.0001
	Linhas#Salinidade	1.36	0.2875
Número de perfilhos	Linhas	4.27	0.0215
	Salinidade	14.74	0.0002
	Linhas#Salinidade	1.18	0.3658
Peso da parte aérea	Linhas	2.50	0.0964
	Salinidade	13.45	0.0004
	Linhas#Salinidade	1.73	0.1781
Peso da parte radicular	Linhas	3.83	0.1304
	Salinidade	14.48	0.0003
	Linhas#Salinidade	2.79	0.0473
Relação R/PA	Linhas	0.65	0.5942
	Salinidade	3.22	0.0668
	Linhas#Salinidade	2.14	0.1048
Materia seca da planta	Linhas	2.69	0.0814
	Salinidade	14.33	0.0003
	Linhas#Salinidade	1.75	0.1739
Espiguetas não estéreis	Linhas	3.70	0.0340
	Salinidade	0.27	0.7654
	Linhas#Salinidade	1.22	0.3468
Espiguetas estéreis	Linhas	2.96	0.0640
	Salinidade	1.62	0.2294
	Linhas#Salinidade	1.64	0.2007
Peso de 1 000 grãos	Linhas	4.30	0.0210
	Salinidade	2.68	0.0991
	Linhas#Salinidade	1.73	0.1789
Rendimento do grão do arroz	Linhas	38.10	0.0001
	Salinidade	23.75	0.0001
	Linhas#Salinidade	4.37	0.0085

Anexo 7.4: Coeficiente de correlação linear de Pearson (r_{xy})

$r_{xy} = -1$	=>	correlação perfeita negativa
$-1 < r_{xy} < 0$	=>	correlação negativa
$r_{xy} = 0$	=>	correlação nula
$0 < r_{xy} < 1$	=>	correlação positiva
$r_{xy} = 1$	=>	correlação perfeita positiva
$0.2 < r_{xy} < 0.4$	=>	correlação fraca*
$0.4 < r_{xy} < 0.7$	=>	correlação moderada*
$0.7 < r_{xy} < 0.9$	=>	correlação forte*

* possui o mesmo significado para os casos negativos ou positivos

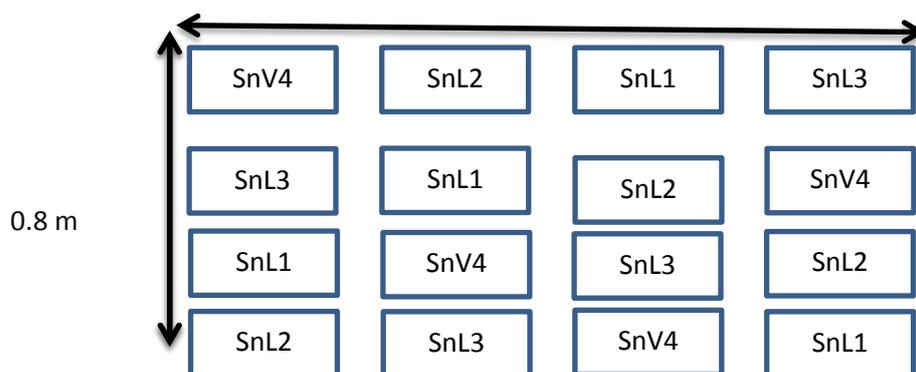
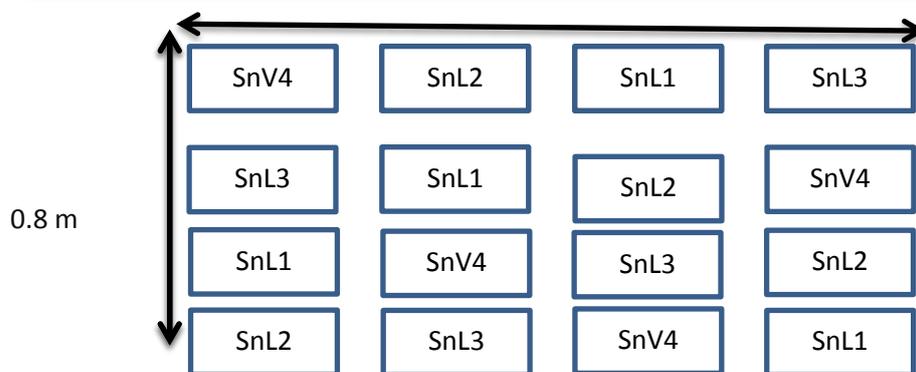
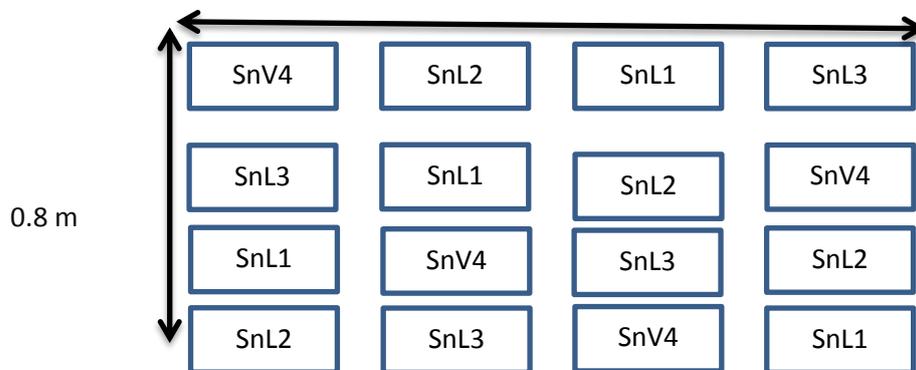
Fonte: Gomez & Gomez, 1976

Anexo 7.5: Ficha de levantamento de dados da altura das plantas (cm), número de folhas e número de perfilhos medidos de 15 em 15 dias

Área de ambiente do nível de salinidade normal (S_{normal})

ÁREA I

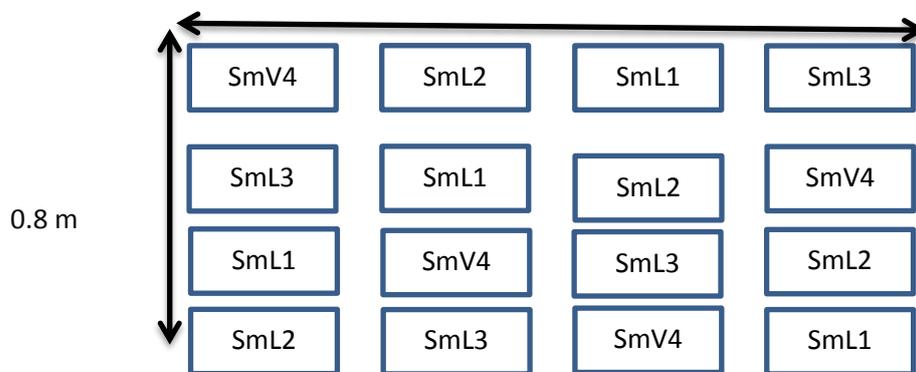
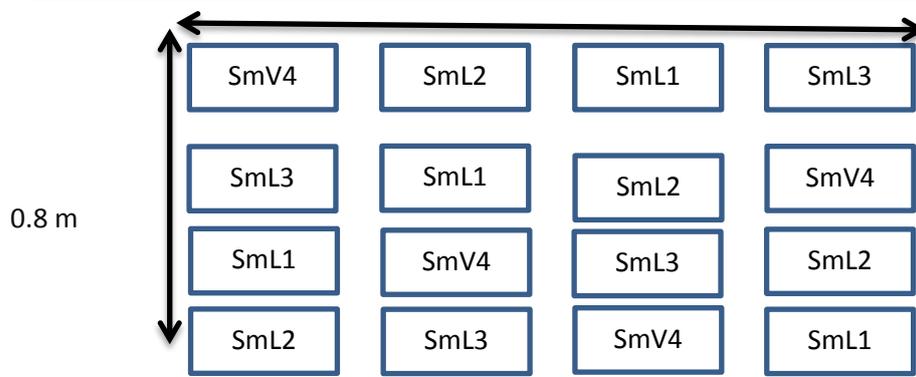
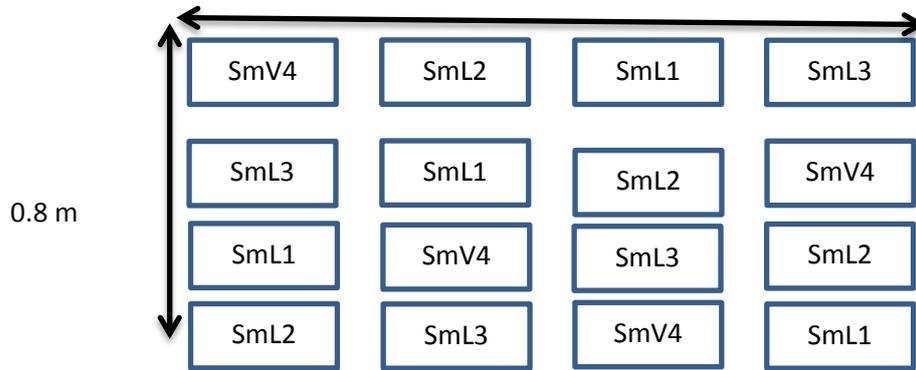
0.8 m



Área de ambiente do nível de salinidade médio ($S_{\text{médio}}$)

ÁREA II

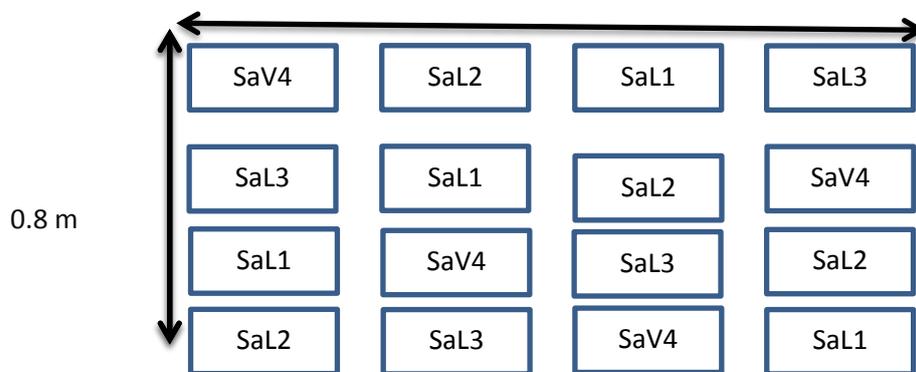
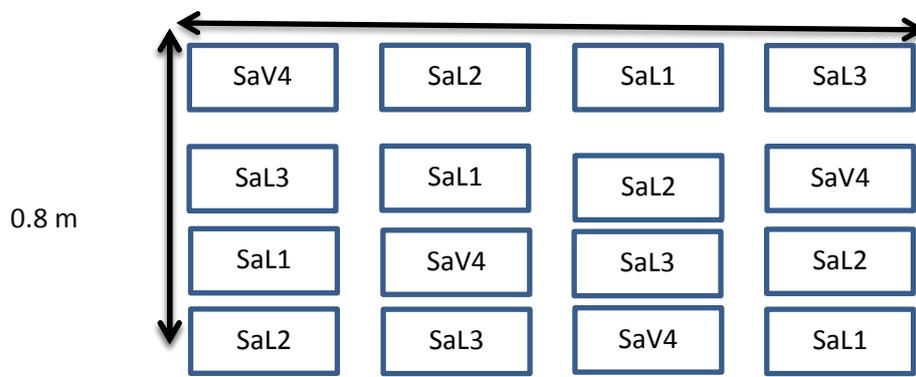
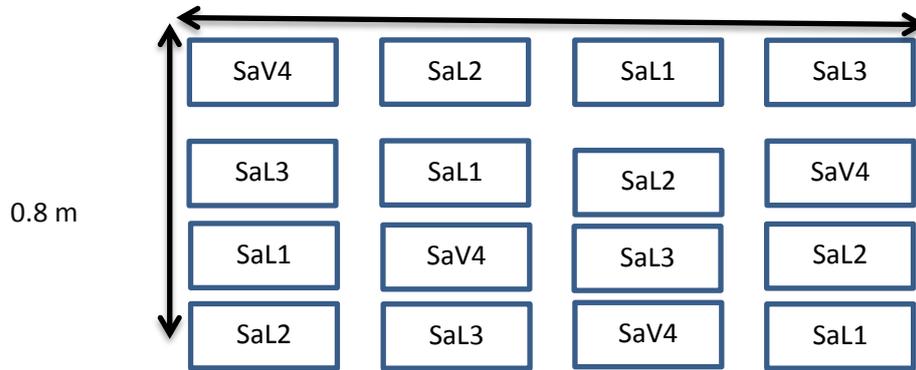
0.8 m



Área de ambiente do nível de salinidade alto (S_{alto})

ÁREA III

0.8 m



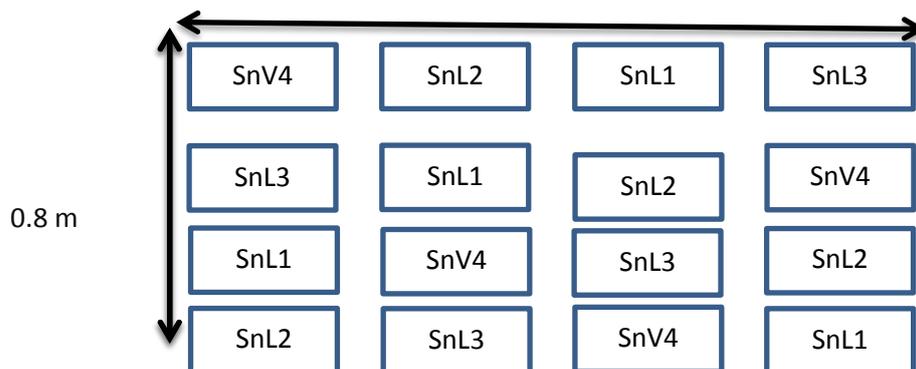
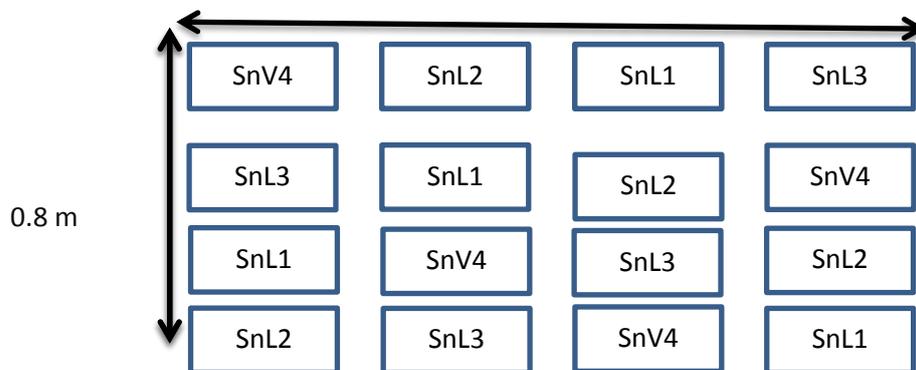
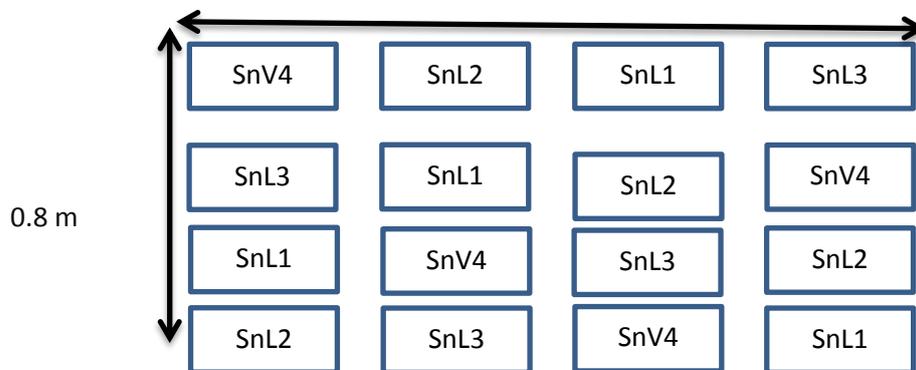
Anexo 7.6: Ficha de levantamento de dados de número espiguetas não estéreis e espiguetas estéreis

Data: ____/____/201__

Área de ambiente do nível de salinidade normal (S_{normal})

ÁREA I

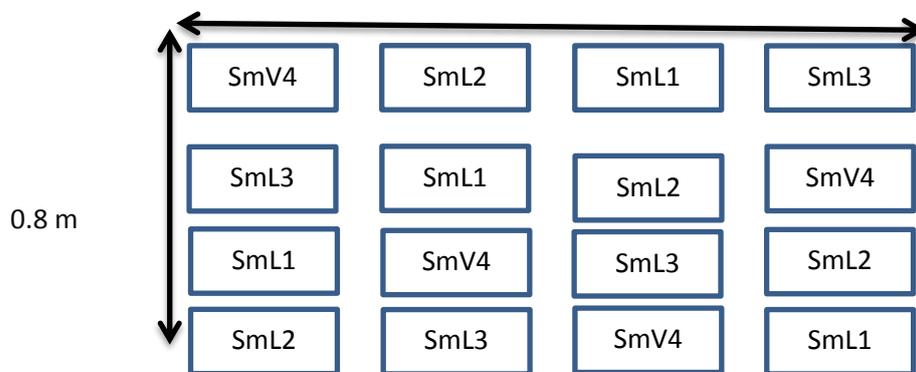
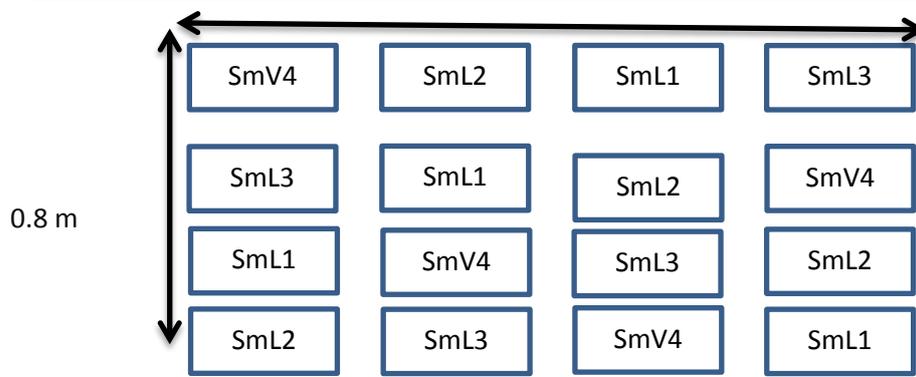
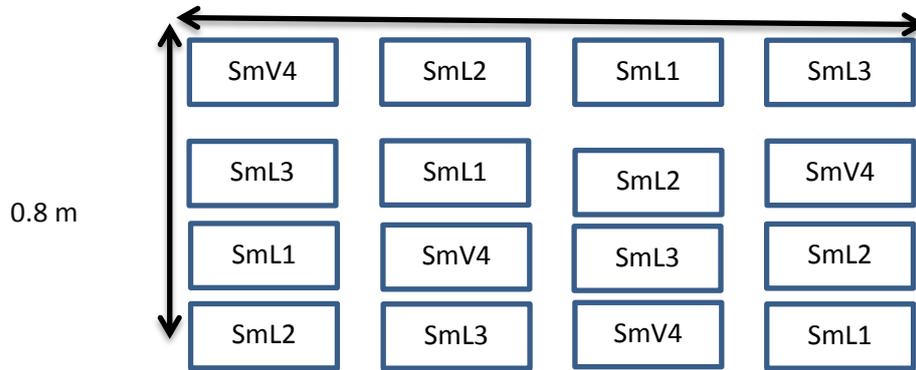
0.8 m



Área de ambiente do nível de salinidade médio ($S_{\text{médio}}$)

ÁREA II

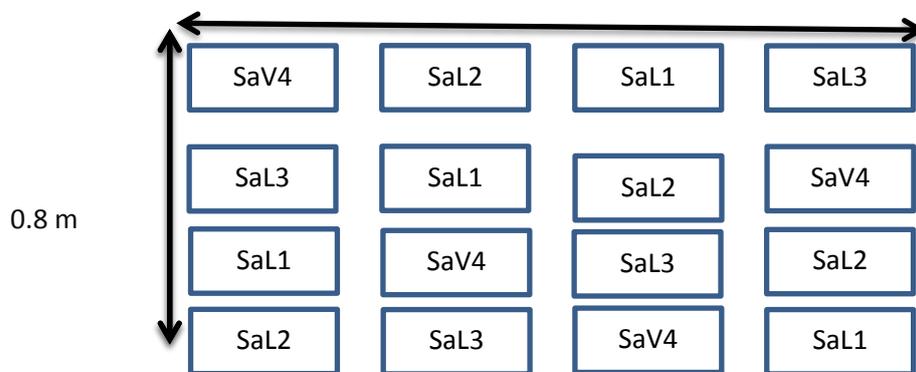
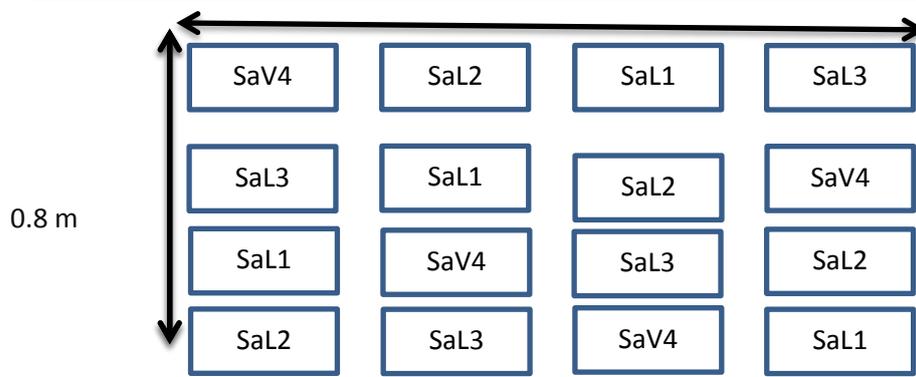
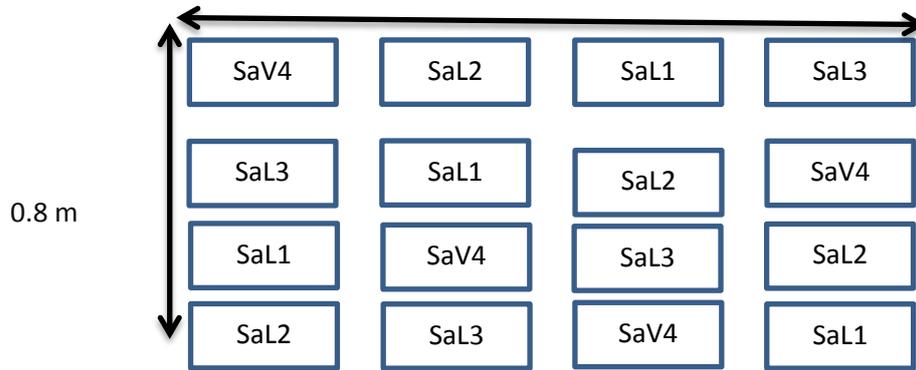
0.8 m



Área de ambiente do nível de salinidade alto (S_{alto})

ÁREA III

0.8 m



Anexo 7.7: Ficha de levantamento de dados de peso (g) da parte aérea (PA) e radicular (R)

PESO (g) DA PARTE ÁREA DA PLANATA

Área de ambiente do nível de salinidade normal (S_{normal})

ÁREA I

Plantas	Peso	R1				R2				R3				Media
		L1	2	3	V4	1	2	3	4	1	2	3	4	
SmL1	H	2.0	4.9	1.8	1.2	1.2	1.5	2.1	2.1	1.3	1.6	1.5	2.1	1.9
	S	1.6	4.0	1.6	0.9	1.1	1.2	1.8	1.6	1.2	1.3	1.3	1.7	1.6
SmL2	H	3.5	2.5	3.8	4.2	4.1	2.9	3.9	5.4	2.6	1.0	1.4	3.2	3.2
	S	3.1	2.2	3.3	3.8	3.6	2.5	3.5	4.3	2.3	0.9	1.2	2.4	2.8
SmL3	H	5.7	3.9	1.9	2.1	1.2	1.0	4.5	3.0	4.0	2.4	2.8	3.7	3.0
	S	4.9	3.0	1.7	2.0	1.1	0.9	3.2	2.6	3.0	2.0	2.2	2.9	2.5
SmV4	H	3.0	3.8	1.6	2.8	3.0	2.2	0.5	0.7	2.1	5.5	2.5	1.7	2.5
	S	2.6	3.4	1.3	2.5	2.8	1.9	0.4	0.6	1.9	4.3	1.8	1.6	2.1

LEGENDA:

H = Peso húmido da planta

S = Peso seco da planta

R1, R2 e R3: parcelas 1, 2 e 3 respectivamente

Área de ambiente do nível de salinidade médio ($S_{médio}$)

ÁREA II

Plantas	Peso	R1				R2				R3				Media
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
SaL1	H	21.5	15.8	21.0	18.0	42.6	19.1	12.2	17.4	23.4	23.0	50.9	18.0	23.6
	S	19.5	14.3	18.6	16.3	40.1	17.8	10.7	15.8	21.3	21.0	47.8	16.1	21.6
SaL2	H	22.9	5.6	14.5	11.5	16.6	17.9	23.8	28.7	7.2	19.6	13.3	0.2	15.3
	S	20.0	4.9	13.2	10.0	15.0	16.1	20.5	25.2	7.0	18.7	12.1	0.1	13.6
SaL3	H	15.4	17.1	19.7	32.5	38.8	14.8	21.5	22.4	42.1	4.3	33.9	18.6	23.4
	S	12.7	15.3	17.9	28.7	34.6	12.7	19.2	19.1	39.6	3.7	30.0	17.5	20.9
SaV4	H	16.7	28.3	23.5	16.0	39.2	28.0	19.1	9.6	60.2	27.2	39.4	38.5	28.8
	S	14.5	23.6	19.7	15.8	35.8	25.3	18.0	9.4	57.4	25.8	37.1	35.3	26.5

LEGENDA:

H = Peso húmido da planta

S = Peso seco da planta

R1, R2 e R3: parcelas 1, 2 e 3 respectivamente

Área de ambiente do nível de salinidade alto (S_{alto})

ÁREA III

Plantas	Peso	R1				R2				R3				Media
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
SnL1	H	18.8	10.3	24.4	-	2.5	12.8	-	-	21.0	4.7	9.9	-	13.1
	S	15.5	8.8	19.4	-	1.9	10.4	-	-	17.9	4.2	8.7	-	10.9
SnL2	H	7.2	25.1	8.0	4.7	43.9	7.0	24.2	3.9	18.0	45.8	25.2	-	19.4
	S	6.3	21.0	6.7	4.0	33.9	5.8	19.0	3.2	12.3	30.4	21.5	-	14.9
SnL3	H	13.2	21.2	26.7	15.1	24.2	17.2	4.2	-	46.1	0.7	3.8	33.5	18.7
	S	11.7	20.9	21.8	12.6	20.1	14.4	3.1	-	30.1	0.4	3.3	28.9	16.4
SnV4	H	20.1	19.0	504.0	0.6	10.5	31.4	17.6	5.6	3.7	19.2	27.8	37.3	58.1
	S	16.9	15.0	4.8	0.4	8.2	19.7	14.6	4.8	3.2	15.4	23.2	28.4	12.9

LEGENDA:

H = Peso húmido da planta

S = Peso seco da planta

R1, R2 e R3: parcelas 1, 2 e 3 respectivamente

PESO (g) DA PARTE RADICULAR DA PLANATA

Área de ambiente do nível de salinidade normal (S_{normal})

ÁREA I

Plantas	Peso	R1				R2				R3				Media
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
SmL1	H	2.0	4.9	1.8	1.2	1.2	1.5	2.1	2.1	1.3	1.6	1.5	2.1	1.9
	S	1.6	4.0	1.6	0.9	1.1	1.2	1.8	1.6	1.2	1.3	1.3	1.7	1.6
SmL2	H	3.5	2.5	3.8	4.2	4.1	2.9	3.9	5.4	2.6	1.0	1.4	3.2	3.2
	S	3.1	2.2	3.3	3.8	3.6	2.5	3.5	4.3	2.3	0.9	1.2	2.4	2.8
SmL3	H	5.7	3.9	1.9	2.1	1.2	1.0	4.5	3.0	4.0	2.4	2.8	3.7	3.0
	S	4.9	3.0	1.7	2.0	1.1	0.9	3.2	2.6	3.0	2.0	2.2	2.9	2.5
SmV4	H	3.0	3.8	1.6	2.8	3.0	2.2	0.5	0.7	2.1	5.5	2.5	1.7	2.5
	S	2.6	3.4	1.3	2.5	2.8	1.9	0.4	0.6	1.9	4.3	1.8	1.6	2.1

LEGENDA:

H = Peso húmido da planta

S = Peso seco da planta

R1, R2 e R3: parcelas 1, 2 e 3 respectivamente

Área de ambiente do nível de salinidade médio ($S_{médio}$)

ÁREA II

Plantas	Peso	R1				R2				R3				Media
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
SaL1	H	1.8	1.6	1.4	1.2	1.6	1.0	0.7	2.2	1.1	1.2	9.7	1.5	2.1
	S	1.2	1.4	1.3	1.1	1.3	0.8	0.6	1.8	0.7	0.8	1.5	1.3	1.2
SaL2	H	1.9	0.8	0.9	1.0	0.7	0.8	0.9	3.1	1.5	1.0	0.5	0.2	1.1
	S	1.6	0.4	0.6	0.8	0.5	0.6	0.7	2.7	1.1	0.7	0.4	0.1	0.9
SaL3	H	1.5	1.2	0.2	0.6	2.9	0.8	1.1	1.0	1.4	0.3	3.3	1.5	1.3
	S	1.1	1.0	0.9	0.4	2.6	0.6	0.8	0.7	1.1	0.2	2.7	1.2	1.1
SaV4	H	1.7	2.3	1.6	1.3	4.4	4.9	2.2	1.1	3.5	1.9	2.2	2.2	2.4
	S	1.5	1.9	1.4	0.9	4.1	4.5	1.9	0.8	3.0	1.6	1.9	1.9	2.1

LEGENDA:

H = Peso húmido da planta

S = Peso seco da planta

R1, R2 e R3: parcelas 1, 2 e 3 respectivamente

Área de ambiente do nível de salinidade alto (S_{alto})

ÁREA III

Plantas	Peso	R1				R2				R3				Media
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
SnL1	H	1.6	1.1	1.4	-	0.2	1.1	-		1.4	0.9	1.1	-	1.1
	S	1.2	0.9	0.9	-	0.1	0.9	-		1.2	0.8	1.0	-	0.9
SnL2	H	0.4	2.3	1.6	0.8	3.4	0.7	2.0	0.4	1.6	3.1	0.8	-	1.6
	S	0.3	1.9	1.3	0.5	2.8	0.6	1.7	0.3	1.3	2.5	0.7	-	1.3
SnL3	H	1.6	5.1	3.4	1.3	1.9	0.9	0.4		2.2	0.2	0.3	2.2	1.8
	S	1.5	4.3	2.9	1.1	1.7	0.8	0.3		1.9	0.1	0.2	2.0	1.5
SnV4	H	1.6	19.0	0.4	0.2	1.2	3.4	0.9	0.4	0.3	2.1	2.5	4.2	3.0
	S	1.5	1.5	0.3	0.1	1.0	2.2	0.9	0.3	0.2	1.8	2.3	3.8	1.3

LEGENDA:

H = Peso húmido da planta

S = Peso seco da planta

R1, R2 e R3: parcelas 1, 2 e 3 respectivamente

Anexo 7.8: Ficha de peso de 1 000 grãos de arroz em gramas

Área de ambiente do nível de salinidade normal (área 1), médio (área 2) e alto (área 3)

ÁREA I

Talhoes	ÁREA 1				ÁREA 2				ÁREA 3			
	BLOCO I				BLOCO II				BLOCO III			
	SnL1	SnL2	SnL3	SnV4	SmL1	SmL2	SmL3	SmV4	SaL1	SaL2	SaL3	Sav4
R1	23.9	23.4	24.4	27.2	21.7	21.7	29.6	25.3	19.4	23.1	23.1	23.3
R2	20.7	22.1	25.0	27.0	22.5	23.1	21.7	26.1	10.9	19.6	20.6	19.4
R3	21.1	23.2	25.1	26.2	21.4	22.5	24.9	27.8	18.5	35.3	22.4	22.0
Media	21.9	22.9	24.8	26.8	21.9	22.4	25.4	26.4	16.3	26.0	22.0	21.6

LEGENDA:

R1, R2 e R3: parcelas 1, 2 e 3 respectivamente

Anexo 7.9: Base de dados das variáveis medidas

linhas	salinidade	blocos	Altura (cm)	nfolhas	nperfil	Pa (g)	Pr (g)	r/pa	Ms (%)	e-nest	e-est	p1000 (g)	rend (ton/ha)
1	1	1	50.84	22.27	3.7	10.93	0.75	0.07	11.68	74	5	19.4	4.43
1	1	2	47.05	9.21	13	3.08	0.25	0.08	3.33	38	1	10.9	4.48
1	1	3	52.07	16.34	6	7.70	0.75	0.10	8.45	33.00	3	19.47	3.85
1	2	1	68.52	39.07	23	30.43	2.03	0.07	32.45	39	3	23.9	5.42
1	2	2	66.75	33.09	12	24.45	1.43	0.06	25.88	13	5	20.7	5.17
1	2	3	69.82	36.61	5	28.63	1.38	0.05	30.00	14	1	21.1	6.43
1	3	1	72.86	33.23	7	17.18	1.25	0.07	18.43	81	4	21.7	6.08
1	3	2	73.41	39.39	9	21.10	1.13	0.05	22.23	17	0	22.5	6.42
1	3	3	67.80	39.20	4	26.55	1.08	0.04	27.63	37	3	21.4	6.70
2	1	1	66.57	22.05	14	9.50	1.00	0.11	10.50	112	0	23.1	6.46
2	1	2	64.36	22.00	12	15.48	1.38	0.09	16.85	128	2	19.6	7.06
2	1	3	62.68	29.70	20	16.05	1.13	0.07	17.18	43	15	35.3	6.68
2	2	1	64.39	51.55	22	38.98	3.10	0.08	42.08	39	6	23.4	7.29
2	2	2	64.08	39.16	24	40.33	3.48	0.09	43.80	48	5	22.1	7.85
2	2	3	66.50	46.27	22	31.25	1.70	0.05	32.95	68	4	23.2	7.55
2	3	1	66.95	33.23	10	12.03	0.85	0.07	12.88	161	5	21.7	8.45
2	3	2	70.66	40.55	7	19.20	1.13	0.06	20.33	139	2	23.1	8.83
2	3	3	66.73	36.43	7	9.48	0.58	0.06	10.05	77	0	22.5	8.82
3	1	1	63.64	29.57	16	16.68	2.45	0.15	19.13	140	5	23.1	3.94
3	1	2	47.73	16.91	7	9.40	0.70	0.07	10.10	80	2	20.6	5.31
3	1	3	44.86	15.84	9	15.68	2.28	0.15	17.95	158	2	22.4	3.66
3	2	1	67.95	48.98	16	80.43	2.90	0.04	83.33	58	0	24.4	6.50
3	2	2	58.02	51.43	18	19.33	1.95	0.10	21.28	86	1	25	5.86
3	2	3	68.57	50.91	18	52.30	2.53	0.05	54.83	15	0	25.1	5.59
3	3	1	65.48	47.18	12	18.65	0.85	0.05	19.50	28	5	29.6	6.01
3	3	2	71.23	45.55	8	21.40	1.18	0.05	22.58	45	7	21.7	6.13
3	3	3	61.68	39.09	8	22.70	1.30	0.06	24.00	170	5	24.9	6.64
4	1	1	58.23	21.20	15	27.58	0.85	0.03	28.43	115	3	23.3	7.14
4	1	2	56.00	28.25	12	11.83	1.10	0.09	12.93	19	0	19.4	6.98
4	1	3	62.77	32.23	16	52.20	2.03	0.04	54.23	10	24	22	6.56
4	2	1	69.09	48.02	19	38.13	2.45	0.06	40.58	141	8	27.2	7.68
4	2	2	67.86	39.02	14	31.15	1.43	0.05	32.58	38	10	27	6.59
4	2	3	67.05	43.09	15	33.73	2.38	0.07	36.10	175	20	26.2	6.58
4	3	1	64.07	34.14	10	18.40	1.43	0.08	19.83	79	30	25.3	6.23
4	3	2	65.20	44.70	11	22.13	2.83	0.13	24.95	110	15	26.1	7.39
4	3	3	67.16	51.80	14	38.90	2.10	0.05	41.00	214	7	27.8	6.01