



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE  
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS  
PÓS-GRADUAÇÃO EM RECURSOS NATURAIS



JOSÉ AMÉRICO DE SOUZA GRILO JUNIOR

**AVALIAÇÃO DOS BENEFÍCIOS SOCIOECONÔMICOS E AMBIENTAIS DO  
CULTIVO DO GERGELIM IRRIGADO NO ASSENTAMENTO DE CANUDOS, EM  
CEARÁ-MIRIM (RN)**

CAMPINA GRANDE/PB  
2013

JOSÉ AMÉRICO DE SOUZA GRILO JUNIOR

**AVALIAÇÃO DOS BENEFÍCIOS SOCIOECONÔMICOS E AMBIENTAIS DO  
CULTIVO DO GERGELIM IRRIGADO NO ASSENTAMENTO DE CANUDOS, EM  
CEARÁ-MIRIM (RN)**

Tese submetida à Coordenação do Curso de  
Doutorado Temático em Recursos Naturais da  
Universidade Federal de Campina Grande/PB,  
em cumprimento às exigências para obtenção  
do grau de Doutor em Recursos Naturais.

Área de Concentração: Processos Ambientais

Linha de Pesquisa: Qualidade, Tratamento e Uso de Resíduos Ambientais

Orientador: Dr. Pedro Vieira de Azevedo

CAMPINA GRANDE/PB  
2013

G859a Grilo Junior, José Américo de Souza.  
Avaliação dos benefícios socioeconômicos e ambientais do cultivo do gergelim irrigado no Assentamento de Canudos, em Ceará-Mirim (RN). / José Américo de Souza Grilo Junior. - Campina Grande - PB: [s.n], 2013.

132 f.

Orientador: Professor Dr. Pedro Vieira de Azevedo.

Tese de Doutorado (Programa de Pós-Graduação em Recursos Naturais) - Universidade Federal de Campina Grande; Centro de Tecnologia e Recursos Naturais.

1. Gergelim BRS Seda - cultura do. 2. Agricultura irrigada - gergelim. 3. Assentamento Canudos - Ceará-Mirim - RN. 4. Cultura do gergelim. 5. Benefícios socioeconômicos - cultura do gergelim. 6. Benefícios ambientais - cultura do gergelim. 7. Irrigação por gotejamento. 8. Irrigação por aspersão. 9. Água de rejeito da piscicultura - irrigação. 10. Tanques de piscicultura - reaproveitamento da água. 11. Rentabilidade da cultura do gergelim. 12. Agricultura sustentável. 13. Indicadores químicos - solo. 14. Reúso da água. 15. Salinidade da água na agricultura. 15. Eficiência econômica do gergelim. I. Azevedo, Pedro Vieira de. II. Título.

CDU:633.85(043.3)

**Elaboração da Ficha Catalográfica:**

Johnny Rodrigues Barbosa  
Bibliotecário-Documentalista  
CRB-15/626

**JOSÉ AMÉRICO DE SOUZA GRILO JÚNIOR**

**AVALIAÇÃO DOS BENEFÍCIOS SOCIOECONÔMICOS E AMBIENTAIS DO  
CULTIVO DO GERGELIM IRRIGADO NO ASSENTAMENTO DE CANUDOS, EM  
CEARÁ-MIRIM (RN)**

Aprovado em: ----- / ----- / -----

**BANCA EXAMINADORA**

-----  
**Dr. Pedro Vieira de Azevedo**

Universidade Federal de Campina Grande

-----  
**Dr. Gesinaldo Ataíde Cândido**

Universidade Federal de Campina Grande

-----  
**Dr. José Dantas Neto**

Universidade Federal de Campina Grande

-----  
**Dr. Luiz Pereira de Brito**

Universidade Federal do Rio Grande do Norte

-----  
**Dr. Aldo Arnaldo de Medeiros**

Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte

-  
  
CAMPINA GRANDE

ABRIL-2013

### **DEDICO ESTA TESE**

A minha esposa Ana Maria Câmara de O. Grilo pelo amor, compreensão e apoio incondicional em todas as etapas de nossas vidas e as minhas filhas Evellyn Câmara Grilo e Andressa Câmara Grilo pela dedicação, amor e admiração

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, razão maior de nossa existência.

Ao professor Pedro Vieira de Azevedo pelos ensinamentos, sabedoria, pela brilhante orientação, profissionalismo e pela amizade.

Ao professor Valdenildo Pedro da Silva, pelas valiosas contribuições e conhecimentos transmitidos, ao longo do curso.

Ao professor Gesinaldo Ataíde pelas orientações norteadoras quando da realização do exame de qualificação

À Universidade Federal Campina Grande (UFCG) e ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN), que, juntos, possibilitaram a realização do Doutorado Interinstitucional (DINTER).

Aos professores do curso de Recursos Naturais da UFCG, pelos ensinamentos e incentivos, contribuindo de forma positiva para nossa formação acadêmica.

Aos colegas de curso de doutorado em Recursos Naturais pelo apoio em todas as etapas do curso e pela amizade, por compartilhar as alegrias, angústias e ansiedades durante todo o curso.

Aos agricultores da agrovila de Canudos pelo apoio, incentivo e presteza durante a realização da pesquisa de campo.

A toda minha família, representada por meus pais, irmãos, esposa, filhos, tios, primos, sobrinhos, sogra e cunhados, pelo apoio, incentivos constantes e por compreender as minhas ausências nesse período.

## RESUMO

A cultura do gergelim, ainda pouco difundida no Brasil, pode tornar-se uma alternativa agrícola para pequenos e médios produtores rurais do Rio Grande do Norte e, por conseguinte, do Nordeste brasileiro. Trata-se de uma cultura que vem proporcionando um alimento funcional e tem apresentado boas perspectivas de mercado. Todavia, os reais conhecimentos de vantagens e benefícios socioeconômicos e ambientais dessa cultura agrícola na região têm sido pouco conhecidos. Na Agrovila Canudos, situada no município de Ceará-Mirim (RN), distante 23 km da sede municipal, o cultivo do gergelim BRS Seda tem sido realizado com espaçamento de 0,7 m entre linhas e 0,15 m entre plantas, em uma área de 0,5 ha, sendo 0,25 ha irrigados por gotejamento, com água subterrânea e 0,25 ha irrigados com água de rejeito dos tanques de piscicultura, utilizando irrigação por aspersão. A quantidade total de plantas no experimento foi de 47.620. Diante disso, o presente trabalho objetivou avaliar os benefícios socioeconômicos e ambientais do cultivo de gergelim BRS Seda da agrovila Canudos, em Ceará-Mirim-RN. A partir de estudos bibliográficos e experimentos de campo, os resultados alcançados foram os seguintes: o gergelim produziu 20,70 g e 23,45 g de grãos por planta quando irrigado com água do lençol freático e com água do rejeito dos tanques de piscicultura. Esses valores estão correlacionados à produtividade dos grãos, que correspondeu respectivamente a 350 kg e 400 kg em 0,25 ha. Dessa forma a receita líquida produzida foi de R\$ 1.578,75 e R\$ 1978,75, respectivamente, em 0,25 ha, com taxa interna de retorno de 1,29 e 1,62. No tocante a questão ambiental, as alterações na fertilidade do solo se deram pela incorporação dos macronutrientes e pelo teor de matéria orgânica que cresceu de forma exponencial com relação ao tempo de utilização da água residuária dos tanques de piscicultura. Portanto, esses resultados indicam que essa cultivar de gergelim deve ser inserida nos meios produtivos desse município e, por conseguinte, da região, podendo garantir uma fonte alternativa de renda para as famílias dos assentados, e conseqüentemente, para melhoria de sua qualidade de vida.

Palavras-chave: Gergelim BRS Seda. Irrigação. Produtividade. Rentabilidade.

## ABSTRACT

The cultivation of sesame, though it is not yet largely disseminated in Brazil, can become an agricultural alternative for small and medium farmers in Rio Grande do Norte state, and therefore in Brazilian Northeast. It is a culture that has been providing functional food as well as it has shown good market prospects. However, the actual knowledge of advantages and socioeconomic and environmental benefits of that crop in the region have been little known. In Canudos Agrovilla, located in Ceará-Mirim county (RN), distant 23 km from the city hall, the cultivation of BRS Silk sesame has been carried out with spacing of 0.7 m between rows and 0.15 m between plants in a area of 0.5 ha, being 0.25 ha drip irrigated with groundwater, and the remaining 0.25 ha is irrigated with waste water from the fish tanks, using sprinkler irrigation. The total amount of plants in the experiment summed 47,620. Hence, the present work aimed to assess the socioeconomic and environmental benefits of the cultivation of BRS Silk sesame from Canudos Agrovilla in Ceará-Mirim-RN. From bibliographic studies and field experiments, the results were the following: sesame produced 20.70 g and 23.45 g of grain per plant when irrigated with groundwater and water from the tailings of fishponds. These figures are correlated to grain yield, which corresponded respectively to 350 kg and 400 kg in 0.25 ha. Thus, the net revenue produced was R \$ 1,578.75 and R \$ 1,978.75, respectively, in 0.25 ha, with an internal rate of return of 1.29 and 1.62. Regarding environmental issues, changes in soil fertility took place by the incorporation of macronutrients and organic matter which have grown exponentially in relation to time of use of wastewater from fish tanks. Therefore, these results indicate that this sesame cultivation should be inserted in the productive means of that county. and consequently of the region, in a way that can ensure an alternative source of income for the settlers' families, and consequently, to improve their quality of life.

Keywords: BRS Silk Sesame. Irrigation. Productivity. Profitability.

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AFP	Área Foliar da Planta
Af	Área Foliar Média
ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
BRS	Brasil
CC	Capacidade de Campo
CDT	Custo Dependente do Tratamento
CE	Condutividade Elétrica
CE	Ceará
CEes	Condutividade Elétrica do Extrato de Saturação do Solo
CETESB	Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental
CIT	Custo Independente do Tratamento
CTA	Capacidade de Troca Aniônica
CTC	Capacidade de Troca Catiônica
DAE	Dia após a emergência
DAS	Dia após a semeadura
ECO	A Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
EMPARN	Empresa Agropecuária de Pesquisa do Rio Grande do Norte
EPA	Agência de proteção ao meio ambiente
EUA	Estados Unidos
FAO	Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura
IFRN	Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte
MAP	Fosfato Monoamônico
OMM	Organização Meteorológica Mundial
OMS	Organização Mundial da Saúde
PMP	Ponto de Murcha Permanente
PNRH	Política Nacional de Recursos Hídricos
PST	Porcentagem de Solo Trocável
PST	Porcentagem de sódio trocável
RAS	Relação de Adsorção de Sódio

RBC	Relação Benefício Custo
RN	Rio Grande do Norte
SP	São Paulo
TMR	Taxa Marginal de Retorno
UI	Unidade Internacional
UNESCO	Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura

## LISTA DE SÍMBOLOS

a.C	Anos antes de Cristo
g	Gramma
%	Porcentagem
mm	Milímetro
pH	Potencial hidrogeniônico
kg	Quilograma
ha	Hectare
°C	Celsius
Fe	Ferro
Al	Alumínio
kgf	Quilograma força
cm <sup>2</sup>	Centímetro quadrado
Kpa	Quilo pascal
cm <sup>3</sup>	Centímetro cúbico
cm	Centímetro
h	hora
Mpa	Mega pascal
atm	Pressão atmosférica
Ks	Hidráulica saturada
K $\theta$	Hidráulica insaturada
N	Nitrogênio
P	Fósforo
K	Potássio
Ca	Cálcio
Mg	Manganês
>	Maior
mmhos	Milimhos
dS	Deci siemens
Ksat	Condutividade hidráulica saturada
m	Metro
N	Norte

S	Sul
mg	Miligrama
dm <sup>3</sup>	Decímetro cúbico
cmol	Centimol
S	Enxofre
µg	micrograma
km <sup>3</sup>	Quilômetro cúbico
Na	Sódio
Cl	Cloro
mL	Mililitro
L	Litros
CO <sub>2</sub>	Gás carbônico
As	Arsênio
Cd	Cádmio
Cr	Cromo
Hg	Mercúrio
Mo	Molibdênio
Ni	Níquel
Pb	Prata
Se	Selênio
Zn	Zinco
Ba	Bário
m <sup>2</sup>	Metro quadrado
W	Oeste
s	Segundos
<	Menor
Φ	Teta
B	Boro
Mn	Manganês
O <sub>2</sub>	Oxigênio
LI <sub>i</sub>	Lâmina de irrigação
CIT <sub>i</sub>	Custo independente do tratamento

$CDT_i$	Custo dependente do tratamento
$PD_i$	Produção da semente do gergelim de cada tratamento
$RB_i$	Renda bruta auferida para cada tratamento
$RL_i$	Renda líquida obtida por cada tratamento
R\$	Reais
$C_{INS}$	Custo dos insumos utilizados
$C_{MO}$	Custo com mão-de-obra
$DBO_5$	Demanda bioquímica de oxigênio
DQO	Demanda química de oxigênio
$RAS^0$	Relação de adsorção de sódio corrigida

## LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1 – Principais atividades agrícolas desenvolvidas na Agrovila de Canudos, Ceará-Mirim-RN	30
Figura 3.2 – Precipitação nos últimos 30 anos, em Ceará-Mirim (RN)	31
Figura 3.3 - Localização geográfica da Agrovila de Canudos, em Ceará-Mirim (RN)	31
Figura 3.4 – Detalhe da área onde foram plantados o gergelim	32
Figura 3.5 – Tanque do rejeito das águas da piscicultura em Canudos, com detalhe da colocação de uma tela para evitar obstrução da tubulação	32
Figura 3.6 – Tensiômetro com escala graduada para monitorar a irrigação	33
Figura 3.7 – Plântulas do gergelim aos 15 dias na Agrovila de Canudos, nos dois locais do plantio	34
Figura 3.8 – Solo sulcado e adubado em canudos, para produção do Gergelim BRS Seda com água do lençol freático	35
Figura 3.9 a Crescimento vegetativo	36
Figura 3.9 b Desenvolvimento vegetativo	36
Figura 3.10 Fotografia do gergelim BRS Seda, no estágio de floração, com as cápsulas em período de formação	38
Figura 4.1 – Comparação do pH nas duas águas utilizadas para irrigação do gergelim, na Agrovila de Canudos	44
Figura 4.2– Comparação entre os macronutrientes contidos na água do lençol freático e na água do rejeito	45
Figura 4.3 – Tempo em que os assentados residem na Agrovila	46
Figura 4.4 – Atividade Praticada Pelo Chefe de Família Antes de Se Instalar em Canudos	46
Figura 4.5 – Municípios em que os filhos dos assentados estudam	47
Figura 4.6 – Número de salários mínimos recebidos pelos assentados na agrovila Canudos, em Ceará-Mirim-RN	48
Figura 4.7 – Nível de satisfação por morar em Canudos	48
Figura 4.8 – Variação do pH ao longo do experimento	50
Figura 4.9 – Evolução da matéria orgânica ao longo do experimento	51

Figura 4.10	Varição dos macronutrientes no solo, irrigados com águas dos tanques de piscicultura ao longo do experimento	51
Figura 4.11	Cultivar do gergelim, BRS Seda, nas fases de desenvolvimento vegetativo aos 15, 30, 60 e 90 dias	52
Figura 4.12	Altura média, em cm, do gergelim BRS Seda nos dois tratamentos obtida a cada 15 dias	54
Figura 4.13	Diâmetro caulinar médio (mm) do gergelim, em função dos dias, após a emergência (DAE) nos dois tratamentos	55
Figura 4.14	Heterofilia das folhas do gergelim ao longo do ciclo vegetativo	56
Figura 4.15	Gráfico da área foliar média $A_f$ (cm <sup>2</sup> ), da cultivar BRS Seda, nos dois tratamentos	57
Figura 4.16	Custo médio de produção do gergelim irrigado	61

## LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 – Classificação das águas de irrigação de acordo com o laboratório de salinidade dos Estados Unidos	19
Tabela 2.2 – Intervalos de relação de adsorção de sódio <i>versus</i> risco de permeabilidade	20
Tabela 3.1 – Análise textural e caracterização físico-hídrica do solo da área experimental de 0 a 20 cm	35
Tabela 3.2 – Características das águas de irrigação	36
Tabela 3.3 Variáveis analisadas da qualidade da água	37
Tabela 4.1 – Valores médios dos principais parâmetros físico-químico e bacteriológico na água do lençol freático e na água do rejeito ao longo dos experimentos	42
Tabela 4.2 – Evolução das principais propriedades químicas do solo ao longo do experimento	49
Tabela 4.3 – Ciclo fenológico do Gergelim BRS Seda	53
Tabela 4.4 – Altura média (cm) das plantas de gergelim irrigado com água do lençol freático e com água do rejeito com respectivos desvios padrão e coeficiente de variação	53
Tabela 4.5 – Principais características da cultivar do gergelim irrigado com os dois tipos de água	55
Tabela 4.6 – Valores médios do número de cápsulas, peso de grãos e peso de mil sementes por planta nos dois tratamentos	58
Tabela 4.7 – Massa verde e seca total das partes da planta do gergelim	59
Tabela 4.8 – Custo com mão de obra no cultivo do gergelim	60
Tabela 4.9 – Custos com Insumos para produção do gergelim	60
Tabela 4.10 Macronutrientes e micronutrientes nas sementes do gergelim BRS Seda, irrigado na Agrovila de Canudos, em Ceará-Mirim (RN)	62

## SUMÁRIO

1	<b>INTRODUÇÃO</b>	01
2	<b>REVISÃO DA LITERATURA</b>	04
2.1	DESENVOLVIMENTO E AGRICULTURA SUSTENTÁVEL	04
2.1.1	<b>Indicadores químicos da qualidade do solo</b>	05
2.2	PRINCIPAIS INDICADORES QUÍMICOS DE QUALIDADE DO SOLO	06
2.2.1	<b>Potencial hidrogeniônico</b>	06
2.2.2	<b>Carbono orgânico</b>	06
2.2.3	<b>Condutividade elétrica e sais solúveis totais</b>	06
2.3	CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS E FÍSICAS COMO INDICADORES DE SOLOS	07
2.4	IMPACTOS DOS DIFERENTES USOS DA TERRA NAS CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DO SOLO	08
2.5	IMPACTOS DOS DIFERENTES USOS DA TERRA NA MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO	08
2.6	IMPACTOS DOS DIFERENTES USOS DA TERRA NAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DO SOLO	09
2.7	ASSENTAMENTOS RURAIS NO BRASIL	10
2.8	A CULTURA DO GERGELIM	12
2.8.1	<b>Características edafoclimáticas do gergelim</b>	14
2.8.2	<b>Importância econômica do gergelim</b>	15
2.9	ÁGUA E AGRICULTURA IRRIGADA	16
2.10	QUALIDADE DA ÁGUA PARA IRRIGAÇÃO	17
2.11	CRITÉRIOS PARA ESTABELECEER A QUALIDADE DA ÁGUA PARA IRRIGAÇÃO	18
2.12	INFLUÊNCIA DA SALINIDADE DA ÁGUA NA PRODUTIVIDADE DE ALGUMAS CULTURAS	23
2.13	REÚSO DE ÁGUA	24
2.14	LEGISLAÇÃO RELATIVA AO REUSO DE ÁGUA NO BRASIL	25
2.15	REÚSO DE ÁGUA PROVENIENTE DA PISCICULTURA	26

2.16	QUALIDADE MICROBIOLÓGICA DA ÁGUA RESIDUAL DE TANQUES DE PISCICULTURA	27
<b>3</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODOS</b>	<b>29</b>
3.1	DESCRIÇÃO DO ASSENTAMENTO DE CANUDOS	29
3.2	DESCRIÇÃO E LOCALIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL	30
3.3	EXPERIMENTO DE CAMPO	33
3.4	COLETA DE SOLO EM CAMPO	36
3.5	DAS ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICA E BACTERIOLÓGICA	37
3.6	CULTIVAR UTILIZADA	38
3.7	ANÁLISES DE CRESCIMENTO E DESENVOLVIMENTO DO GERGELIM BRS SEDA	38
3.8	EFICIÊNCIA ECONÔMICA DO GERGELIM, CULTIVAR BRS SEDA	40
3.9	DO PERFIL SÓCIOECONÔMICO DOS ASSENTADOS	41
3.10	ANÁLISE ESTATÍSTICA	41
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>	<b>42</b>
4.1	RESULTADOS FÍSICO-QUÍMICOS E BACTERIOLÓGICOS NA ÁGUA DO LENÇOL FREÁTICO E DA ÁGUA DO REJEITO DOS TANQUES DE PISCICULTURA	42
4.2	DO PERFIL SOCIOECONÔMICO	45
4.3	ALTERAÇÕES NO SOLO DEVIDO AO REUSO	49
4.4	CICLO FENOLÓGICO DO GERGELIM BRS SEDA	52
4.5	ANÁLISE DE CRESCIMENTO DO GERGELIM BRS SEDA	53
4.5.1	<b>Altura das plantas</b>	53
4.5.2	<b>Diâmetro caulinar</b>	54
4.5.3	<b>Área Foliar</b>	55
4.6	ÍNDICES DE PRODUTIVIDADE DO GERGELIM	57
4.6.1	<b>Número de cápsulas, massa de grãos por planta e peso de mil sementes</b>	57
4.6.2	<b>Massa verde e massa seca da planta</b>	58

4.6.3	<b>Produtividade dos grãos</b>	59
4.7	CUSTOS DE PRODUÇÃO E RENTABILIDADE	59
4.8	ESTADO NUTRICIONAL E TEOR DE ÓLEO DAS SEMENTES DO GERGELIM BRS SEDA	62
5	<b>CONCLUSÕES</b>	63
	<b>REFERÊNCIAS</b>	65
	APENDICE A – Questionário socioeconômico	77

## 1 INTRODUÇÃO

A água é um recurso natural finito e essencial à vida, como componente bioquímico dos seres vivos, como meio de vida de várias espécies, como elemento representativo de valores sociais e culturais, além de ser importante fator de produção no desenvolvimento de diversas atividades econômicas, destacando aqui a atividade agrícola. Assim, ela tem se constituído num dos recursos naturais mais importantes para o desenvolvimento da agricultura do mundo, uma vez que as novas tecnologias para aumento de produtividade das áreas agrícolas dependem de sua disponibilidade. Exemplo disso tem sido com a cultura do gergelim (*Sesamum indicum L.*) que, mais recentemente tem se difundido no semiárido nordestino, como mais uma fonte de alimento para o consumo humano, e que tem requerido, em média, 600 mm desse recurso natural, por cada ciclo de cultivo.

Originada da África, é considerada uma das mais antigas oleaginosas utilizadas pela humanidade, com registro de cultivo anterior a 4.300 a.C, em países como Irã, Egito, Índia e China.

Essa cultura agrícola foi introduzida no Brasil pelos portugueses no século XVI, durante a colonização, trazida da Ásia tropical. É uma planta anual ou perene, dependendo da cultivar, de altura variável, entre 0,5 m e 3,0 m, com razoável nível de heterofilia, folhas pecioladas, pubescentes, flores completas e axilares, gamopétalas e zigomorfas, com fruto tipo cápsula e de deiscência loculicida.

As raízes são pivotantes, formando um sistema axonomorfa. A taxa de crescimento das raízes, no início do desenvolvimento, é lenta; a planta se desenvolve melhor em solos de textura leve; é resistente à seca, devido a seu extenso sistema radicular; e é extremamente sensível à falta de oxigênio no solo (BRASIL, 2008).

O gergelim pode produzir com um mínimo de precipitação pluvial (300 mm) bem distribuído, mas a faixa ótima está entre 500 mm e 650 mm. A espécie prefere solos profundos com textura franca, bem drenados e de boa fertilidade natural (macro e micronutrientes), e não tolera solos salinos. A planta pode crescer ou desenvolver-se em tipos diversos de solos, sem atingir a plenitude observada nos solos preferenciais. Os solos devem apresentar reação neutra, pH próximo a 7, não tolerando a planta, aqueles que têm pH abaixo de 5,5 ou acima de 8,0. É extremamente sensível à salinidade e à alcalinidade (ARRIEL et al., 2009). No que se refere à salinidade da água, a cultura do gergelim é extremamente sensível,

ocorrendo uma redução em seu desenvolvimento se à água de irrigação contiver altos teores de sais.

Nos últimos anos, o gergelim tem despertado o interesse de novos produtores e empresários brasileiros que buscam uma cultura alternativa e economicamente viável para alimentação e exploração agrícola. Como opção de cultivo para as áreas de sequeiro do Nordeste, e até irrigadas, tem-se a cultura do gergelim com possibilidades reais de produzir mais de 2.500 kg de sementes por hectare (ARRIEL; FIRMINO; VIEIRA; 1998).

Cabe ressaltar que a cultura do gergelim se insere tanto nos tradicionais sistemas de cultivo como na agricultura sustentável e orgânica. Além disso, possibilita aos produtores e suas famílias melhorarem sua renda, através da venda de seus produtos e utilizá-los como fonte de alimento, motivo pelo qual se constitui em uma das alternativas que pode manter os produtores e suas famílias no campo, visto que nessas atividades os produtores utilizam mão de obra familiar (BRASIL, 2008).

Dessa forma, a produção do gergelim é em geral desenvolvida por pequenos e médios agricultores, exerce uma apreciável função econômica e social, uma vez que ele é cultivado basicamente para a produção de grãos. Essa oleaginosa é uma cultura muito importante para os pequenos produtores e assentados no Brasil, pois gera renda, emprego e fixa o homem no campo, e sua comercialização está crescendo a uma média de 15% ao ano.

A escolha da cultura agrícola objeto de estudo, ancora-se nas seguintes razões:

- 1) está adaptado às condições edafoclimáticas do Nordeste do Brasil: as temperaturas médias ideais para o crescimento e desenvolvimento da planta situam-se entre 25 e 30 °C;
- 2) tem ciclo curto, em torno de 90 dias;
- 3) requer exigência hídrica em torno de 600 mm;
- 4) desenvolve-se bem em altitudes médias abaixo de 500 m.

O assentamento de Canudos área física objeto do estudo já explora a atividade de piscicultura através de 06 tanques de criação de tilápia. Ao final do ciclo produtivo a água residuária resultante (o rejeito) é lançado no solo poluindo o meio ambiente. Por outro lado, o assentamento já explora várias culturas agrícolas, (mamão, banana, etc.), irrigadas com água subterrânea, com viabilidade econômica da introdução do cultivo do gergelim no assentamento e na região de Ceará-Mirim, utilizando as águas do rejeito dos tanques de piscicultura.

Perante a problemática citada, este trabalho visa criar subsídios técnicos e teóricos para uma maior integração entre agricultura irrigada e piscicultura, de modo a reduzir os impactos ambientais no solo, aumentando a produtividade do cultivo do gergelim, aproximando esta atividade da sustentabilidade.

Em se tratando do aproveitamento de efluentes são escassos os estudos que visam a quantificação do custo de produção e a rentabilidade do cultivo do gergelim irrigado com águas provenientes da piscicultura, como alternativa agrícola para a região nordestina. No entanto, essa atividade deve obedecer aos princípios da sustentabilidade econômica, sanitária e ambiental, garantindo retorno financeiro sem riscos à saúde humana nem impactos ao meio ambiente. Nesse contexto, experimentos de campo foram conduzidos com os seguintes objetivos:

**Geral:** avaliar os benefícios socioeconômicos e ambientais do cultivo do gergelim, cultivar BRS Seda, na Agrovila de Canudos em Ceará-Mirim-RN, irrigado com água de diferente qualidade.

**Específicos:**

- ✿ Avaliar os custos de produção e a rentabilidade da produção de grãos, quando irrigado com água subterrânea e com a água residuária dos tanques de piscicultura;
- ✿ Realizar a análise de crescimento, do gergelim irrigado com água subterrânea e com água residuária dos tanques de piscicultura;
- ✿ Caracterizar a qualidade físico-química e bacteriológica da água subterrânea e da água residuária dos tanques de piscicultura;
- ✿ Avaliar as mudanças na fertilidade do solo para o gergelim irrigado com água do rejeito dos tanques de piscicultura;
- ✿ Traçar o perfil socioeconômico dos assentados da agrovila de canudos;
- ✿ Determinar os índices de produtividade do gergelim: peso dos grãos por hectare, peso de grãos por planta, massa de mil sementes, massa verde e massa seca por planta;
- ✿ Determinar o ciclo fenológico do gergelim BRS Seda irrigado nas condições climáticas de Ceará-Mirim.

## 2 REVISÃO DA LITERATURA

### 2.1 DESENVOLVIMENTO E AGRICULTURA SUSTENTÁVEL

De acordo Silva et al. (2008), a questão com o meio ambiente emergiu, na década de 1960, em meio aos movimentos estudantis hippies, cuja dimensão política chamou a atenção para as consequências ambientais do desenvolvimento econômico.

Em 1968 na Conferência da Biosfera em Paris, preconiza-se que o desenvolvimento sustentável deve levar em consideração, além dos fatores econômicos, aqueles de caráter social e ecológico. Nesse sentido, o conceito de sustentabilidade focaliza para o elemento humano, gerando um equilíbrio entre as dimensões econômica, social e ambiental. Desta forma, o termo desenvolvimento sustentável pôde ser visto como palavra chave dos últimos tempos. Para compreender um desenvolvimento como sustentável, é indispensável considerar a longevidade dos recursos e de que forma estão sendo utilizados (CÂNDIDO et al., 2010).

No intuito de adaptar o conceito de sustentabilidade com a realidade da agricultura e aquicultura, a FAO (2007) definiu o desenvolvimento sustentável como sendo o manejo e a conservação dos recursos naturais, associados a uma mudança tecnológica e institucional, no intuito de assegurar a satisfação continuada das necessidades humanas presentes e das futuras gerações. Este desenvolvimento deve necessariamente conservar a terra, a água, os recursos genéticos animais e vegetais, ser ambientalmente não degradador, tecnologicamente apropriado, economicamente viável e socialmente aceitável. Os impactos socioambientais ocasionados pela agricultura têm estimulado a aplicação desse conceito da chamada agricultura sustentável, que pode ser entendida como o conjunto de procedimentos alternativos que almejam reverter os impactos ocasionados pelo “*mal desenvolvimento*”. De acordo com este enfoque, a agricultura deve almejar lucro, e ao mesmo tempo, privilegiar o desenvolvimento social e a minimização dos impactos ambientais (VALENTI, 2000).

O conceito de sustentabilidade deve constituir a base do ordenamento dos sistemas produtivos, além de compreender não somente a sustentabilidade dos recursos biológicos, mas também o valor e os benefícios sociais que são gerados. Embora seja difícil associar estes três pilares (econômico, social e ambiental) que fundamentam o desenvolvimento sustentável, os empreendedores devem implementar esforços para que o mesmo seja efetivado, visando assegurar de forma duradoura os ganhos com suas atividades (BOYD, 1999).

Os preceitos do desenvolvimento sustentável só serão atingidos se houver:

- ganho financeiro com a venda do produto e com a produção agrícola;
- atendimento das demandas sociais, através de fornecimento de emprego para as pessoas que vivem na região;
- o não comprometimento dos ecossistemas aquáticos onde possivelmente os efluentes domésticos seriam lançados. Vale ressaltar, no entanto, que para a integração entre piscicultura tendo em vista a sustentabilidade não deve ser seguido como um modelo, mas sim com um exemplo bem sucedido, visto que em circunstâncias diversas, outros fatores podem inviabilizar este tipo de iniciativa, tais como a contaminação da água por metais pesados ou a poluição com outras substâncias que comprometam a saúde humana. Dentre os recursos naturais o solo é o ecossistema que é mais poluído pela agricultura, daí ser importante monitorar os indicadores da qualidade de um solo.

O poder depurador do solo é muito maior que o poder das águas, pois o solo funciona como filtro, além de promover a decomposição da matéria orgânica ainda presentes em efluentes tratados. Para a agricultura, o reuso de efluentes fornece, além da água, alguns nutrientes às plantas. Entretanto, o uso de resíduos em solos deve ser constantemente monitorado, para que não haja contaminação do sistema solo-água-plantas. Para isso é importante conhecer e monitorar os principais indicadores da qualidade do solo.

### **2.1.1 indicadores químicos da qualidade do solo**

Nos estudos que envolvem as relações agricultura e meio ambiente é crescente a necessidade de adoção de critérios que possam avaliar, de forma correta, as condições atuais bem como as ideais dos compartimentos do agroecossistema. Por exemplo, como saber se um solo apresenta-se comprometido ou limitado em relação a um determinado componente, seja ele físico ou químico e mesmo biológico? A resposta para essa pergunta remete a uma série de reflexões que envolvem aspectos relacionados às atividades agrícolas, principalmente aqueles relativos à física e à fertilidade do solo, à geologia de engenharia, às questões de ordem geomédica (risco para a saúde humana) e à saúde animal, além de questões de ordem ambiental relacionadas às alterações naturais e antrópicas do ecossistema.

No sentido de estabelecer as referências que pudessem reproduzir, de forma satisfatória, os limites ou índices desejáveis ou aceitáveis de determinados parâmetros, particularmente no meio agrícola, foram criados os chamados índices de sustentabilidade

(LAL, 1993). As informações aqui apresentadas visam, sobretudo, enfatizar a importância da sustentabilidade dos sistemas ambientais, destacando os indicadores físicos e químicos de qualidade do solo, como condição indispensável para a manutenção do sistema agrícola produtivo.

## 2.2 PRINCIPAIS INDICADORES QUÍMICOS DA QUALIDADE DO SOLO

### 2.2.1 Potencial hidrogênio (pH)

A maior parte dos solos tem capacidade tampão, ou seja, os solos não variam às mudanças nos valores do pH (PAGANINI, 1997). A acidez do solo é fator muito importante para sua fertilidade, uma vez que afeta a solubilidade dos nutrientes e os organismos que habitam o solo. O pH controla a solubilidade de nutrientes no solo, exercendo grande influência sobre a absorção dos mesmos pela planta; Solos ideais para cultivo devem apresentar pH entre 6,0 e 6,5. Porém, esta faixa pode ser estendida de 5,5 a 6,8. De acordo com estudos realizados por Chernicharo et al., (1999), o pH ótimo para o solo receber efluente está compreendido na faixa entre 6 e 7. Afirma ainda os autores se os efluentes possuírem pH próximo ao neutro, o pH no interior do solo não sofrerá flutuações consideráveis.

### 2.2.2 Carbono orgânico

Embora não seja um nutriente para a planta, baixos valores podem afetar a produtividade em razão de seu efeito na estrutura; na disponibilidade de água para as plantas, e no seu poder de tamponamento frente a presença de compostos muitas vezes tóxicos às plantas; Existe carbono orgânico total e carbono orgânico ativo ou carbono da biomassa, sendo que este representa de 10 a 20% do teor de carbono orgânico total; CTC efetiva

### 2.2.3 Condutividade elétrica e sais solúveis totais

Alta concentração de sais na zona das raízes é uma limitação severa em muitos solos de regiões semiáridas e áridas (saturação > 4mmhos/cm ou 4 dS/m a 25°C); A salinidade constitui fator importante na avaliação da produtividade dos solos.

Em trabalhos desenvolvidos por Klein e Libardi (2002), os valores da porcentagem de solo trocável (PST) evidenciaram o aumento deste sódio no solo; entretanto, os valores encontrados não chegam a causar limitações no uso deste solo. Em seus estudos observou-se, ainda, redução da condutividade hidráulica saturada (Ksat) de 28,3%, que poderia dificultar o desenvolvimento de culturas através da absorção dos nutrientes, penetração de raízes, aeração e temperatura do solo.

### 2.3 CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS E FÍSICAS COMO INDICADORES DE SOLOS

O uso do termo sustentabilidade tem sido muito utilizado, sempre com o enfoque de preocupação com os recursos naturais como solo e água, por exemplo. Estes recursos, utilizados de maneira racional, podem ter sua qualidade mantida por um longo período de tempo.

A sustentabilidade das terras é definida pela FAO (2007) como o sistema que envolve o manejo e a conservação dos recursos naturais, prevenindo a degradação do solo e da água, combinando tecnologias e atividades que integrem os princípios socioeconômicos com a preocupação ambiental enquanto propiciam suporte necessário para a satisfação continuada das necessidades humanas para as gerações presentes e futuras. Outra noção bem corrente de sustentabilidade defende a preservação dos recursos naturais com crescimento econômico (SILVA, 1998).

Do ponto de vista ecológico, a concepção de agricultura sustentável, segundo Rheinheimer et al. (2003), deve buscar a convivência de práticas agrícolas e de preservação ambiental da paisagem e especialmente da biodiversidade e dos mananciais de água, diminuindo dessa forma os impactos negativos da agricultura na qualidade das águas.

O conceito de desenvolvimento sustentável fornece uma estrutura para a integração de políticas ambientais e estratégias de desenvolvimento, procurando atender as necessidades e aspirações do presente sem comprometer a possibilidade de atendê-las no futuro, lembrando que sempre há o risco de que o crescimento econômico prejudique o meio ambiente, uma vez que ele aumenta a pressão sobre os recursos ambientais (SCHNEIDER, 2006). A substituição das áreas de florestas naturais, pelo uso agrícola de forma intensiva, torna os solos vulneráveis, com mudanças na sua estrutura e porosidade causando diminuição de infiltração e retenção de água nos solos. O uso inadequado dos solos associados à adoção de pacotes tecnológicos sem preocupação ecológica, tornou-o uma fonte de poluição difusa gerando um agroecossistema frágil e não sustentável (RHEINHEIMER et al., 2003).

## 2.4 IMPACTOS DOS DIFERENTES USOS DA TERRA NAS CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DO SOLO

A utilização de características químicas do solo para avaliar as mudanças ocorridas em função dos seus diferentes tipos de uso, já vem sendo utilizada há vários anos por diversos autores, a fim de identificar qual a melhor maneira de utilização do solo, sem que ocorram maiores impactos na natureza. Antes mesmo de o sistema plantio direto ser completamente difundido pelos agricultores, alguns pesquisadores já procuravam identificar qual seria o comportamento dos nutrientes no solo perante esta nova tecnologia que estava sendo implantada.

Segundo Almeida et al. (2005), a maior concentração de P e K na superfície dos solos sob sistema de plantio direto (PD) deve-se, principalmente, ao modo de aplicação dos adubos dos dois sistemas. O fósforo se concentra mais na parte superficial do solo devido à sua baixa mobilidade. No PD, a distribuição ocorre a lanço ou incorporados na linha, próxima às sementes durante a semeadura, concentrando assim esse nutriente nas camadas mais superficiais do solo. No preparo convencional eles são incorporados antes de cada semeadura e homogeneizados na camada arável do solo, neste caso favorecendo até mesmo a lixiviação desses nutrientes.

## 2.5 IMPACTOS DOS DIFERENTES USOS DA TERRA NA MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO

A matéria orgânica (MO) é um dos melhores indicadores de qualidade do solo, pois se relaciona com inúmeras propriedades físicas, químicas e biológicas ( REICHERT et al., 2003 ). Consideraram ainda que a MO como um eficiente indicador para discriminar a qualidade do solo induzida por sistemas de manejo. Em sistemas agrícolas, segundo Leite (2003), a dinâmica da MO, além de ser influenciada pelo manejo de culturas e preparo do solo, também é influenciada pela adição de fertilizantes químicos e materiais orgânicos, que influem positivamente nos processos biológicos de decomposição e mineralização da matéria orgânica do solo.

Um papel muito importante da matéria orgânica é na formação dos agregados do solo. Após a aproximação das partículas minerais, a matéria orgânica apresenta importância fundamental como um dos fatores determinantes da estabilização dos agregados. Dessa forma, sistemas agrícolas que adotam menor revolvimento do solo e alta taxa de adição de resíduos

podem deter o declínio da qualidade estrutural de solos cultivados, bem como promover a recuperação daqueles já degradados (PALADINI; MIELNICZUK, 1991).

## 2.6 IMPACTOS DOS DIFERENTES USOS DA TERRA NAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DO SOLO

Segundo Reynolds et al. (2002), um solo agrícola com boa qualidade física é aquele que é “forte” para manter uma boa estrutura, resistente à erosão e a compactação, mas também dever ser “fraco” o suficiente para permitir o crescimento radicular e a proliferação da flora e fauna do solo. Ainda de acordo com Reynolds et al.(2002), a qualidade do solo do ponto de vista físico está associada aquele solo que: i) permite a infiltração, retenção e disponibilização de água as plantas, córregos e subsuperfícies; ii) responde ao manejo e resiste à degradação; iii) permite as trocas de calor e de gases com a atmosfera e raízes de plantas; e iv) possibilita o crescimento das raízes.

A degradação das características físicas do solo é um dos principais processos responsáveis pela perda da qualidade estrutural e aumento da erosão hídrica, sendo que essas alterações podem se manifestar de várias maneiras, influenciando o desenvolvimento das plantas (BERTOL et al., 2007). O monitoramento da qualidade do solo mediante avaliação das características físicas é necessário, tendo em vista da importância para a sustentabilidade dos sistemas agrícolas.

Nos últimos anos a maior parte das pesquisas relacionando características físicas e químicas do solo em diferentes sistemas de manejo, está sendo desenvolvida em solos com relevo plano, bem desenvolvido, onde se dispõem de uma agricultura predominantemente mecanizada. Mais recentemente alguns trabalhos foram desenvolvidos em áreas com agricultura familiar, especificamente em microbacias localizadas na Região Central do Rio Grande do Sul, estudando a dinâmica do fósforo nos cursos d'água e sua relação com os sedimentos oriundos de diferentes condições de uso do solo (PELLEGRINI, 2005), concentração de nitrato na solução do solo, sob diferentes condições de uso e manejo com a cultura do fumo e ênfase na erosão do solo, com medições da produção de sedimentos em suspensão a fim de avaliar a (in) sustentabilidade de agroecossistemas intensamente explorados com a cultura do fumo (SEQUINATTO, 2006).

## 2.7 ASSENTAMENTOS RURAIS NO BRASIL

O termo assentamento que surgiu pela primeira vez no contexto da reforma agrária venezuelana em 1960 foi posteriormente difundido em vários países. Ele se refere a unidades de produção agrícolas resultantes do processo de reforma agrária, constituindo-se no lugar de vida e trabalho das famílias beneficiadas, visando à justa distribuição da terra, condicionado o seu uso ao bem estar social (VEIGA, 1984).

Nessa perspectiva os assentamentos são criados com o objetivo de atender as necessidades do camponês sem terra que, depois de assentado, tem por direito desenvolver dentro de seu núcleo uma atividade sustentável, que muitas vezes pode se organizar em modos de cooperativismo, associações e mutirões. Nos três casos a ajuda mútua e o desejo comum pelo desenvolvimento podem colaborar decisivamente para o bom desempenho do assentamento, pois como afirmam Bergamasco e Norder (1996) os sistemas de trabalho associado e cooperativo consolidam uma força política que rende melhores frutos que o trabalho isolado de um agricultor.

Os assentamentos são centros estratégicos no quadro das transformações da questão agrária brasileira desde os anos 60. Fazem parte de uma nova forma de integração da população rural, num contexto de redistribuição da propriedade fundiária partindo da transferência da população beneficiária, e conseqüentemente, sua readaptação num novo espaço de vida e de trabalho (BERGAMASCO; BLANCPAMARD; CHONCHOL, 1997).

A implantação dos assentamentos se desdobra em impactos regionais, dentre os quais se destacam a oxigenação do ambiente político, especialmente em regiões de tradição política coronelista e clientelista; o incremento dos serviços públicos de saúde, educação, transporte, e previdência, por pressão e demanda dos assentados; a dinamização das economias regionais, seja pela maior circulação de produtos agrícolas nos mercados, seja pelo aporte de recursos por intermédio dos programas de financiamento, e a diversificação e o barateamento dos gêneros alimentícios, principalmente em regiões de monoculturas extensivas destinadas à indústria (HERÉDIA, 2002).

No contexto da reforma agrária brasileira, o termo assentamento está relacionado a um espaço preciso em que uma população será instalada é, portanto, uma transformação do espaço físico, cujo objetivo é a sua exploração agrícola. Como o seu significado remete à fixação do trabalhador na agricultura, envolve também a disponibilidade de condições adequadas para o uso da terra e o incentivo à organização social e à vida comunitária

(FERRANTE, 2006). Aliado a isto, está o fortalecimento e ampliação da agricultura familiar, que consiste na exploração de uma parcela de terra tendo como trabalho direto a mão de obra familiar.

Tendo em vista as dificuldades que a população urbana enfrenta em seu meio, tais como: desemprego, habitação, condições de vida bastante precárias, entre outras, as unidades de produção familiar na agricultura têm a função de conter o avanço da migração rural para as cidades (LEITE, 1998). E mais, a idealização da agricultura familiar, na qual se inserem os assentamentos rurais, supõe uma lógica específica de reprodução da unidade familiar de produção dentro do universo capitalista. Assim, os assentamentos podem estabelecer locais privilegiados de experiências tecnológicas pouco rentáveis em termos contábeis de empresas capitalistas, mas perfeitamente rentáveis em termos da economia familiar dos agricultores. A agricultura familiar desempenha um importante papel no desenvolvimento brasileiro tornando-se o centro do debate sobre reforma agrária.

O assentamento rural é uma das formas objetivas de se fazer uma reforma agrária. Bergamasco e Norder (1996) acreditam que de maneira genérica, os assentamentos rurais podem se redefinidos como a criação de novas unidades de produção agrícola, por meio de políticas governamentais visando o reordenamento do uso da terra, em benefício de trabalhadores rurais sem terra ou com pouca terra.

Nas últimas décadas a questão ambiental tem se constituído em um dos mais importantes temas de debates e pesquisas em todo o planeta. É consenso mundial que a degradação ambiental implica em um comprometimento global, não sendo possível continuar utilizando os recursos da natureza de forma desenfreada e, portanto, irracional, como tem feito o atual modelo de desenvolvimento capitalista. O crescimento econômico torna-se incompatível com a necessária preservação da biosfera e coloca em risco a vida do homem no planeta.

O conceito de sustentabilidade ambiental emergiu em um momento, onde a sociedade viu-se ameaçada pela degradação ambiental, tornando-se um conceito bastante discutido, a pedra angular da reflexão sobre o futuro das sociedades. A noção de desenvolvimento sustentável por sua vez não se refere tão somente ao aumento da produção, mas tem como meta a qualidade do que é produzido de forma que não haja uma degradação ecológica e sim uma utilização adequada com a preservação dos recursos naturais, da biodiversidade.

Encontramos exemplos concretos de consciência ambiental e uma conseqüente sustentabilidade em assentamentos rurais de reforma agrária. Estes espaços constituem uma

materialização da desconcentração e democratização da estrutura fundiária, visando uma melhor distribuição da terra, mediante modificações no regime de sua posse e uso, além de garantir acesso aos meios de produção agrícola aos trabalhadores rurais, gerando trabalho, renda e melhores condições de vida.

A distribuição da renda, riqueza e do poder são condições indispensáveis para o desenvolvimento sustentável com justiça social em qualquer país do mundo. E a reforma agrária uma exigência da sociedade e condição para o desenvolvimento sustentável com justiça, paz e produção.

## 2.8 A CULTURA DO GERGELIM

O gergelim (*Sesamum indicum* L.) é uma planta dicotiledônea, pertencente à família das Pedaliáceas, ordem Tubiflorae, subordem Solamineae, tribo Sesameae. É constituída por 16 gêneros e 60 espécies encontradas em áreas tropicais e subtropicais. Originada da África, considerada uma das mais antigas oleaginosas utilizadas pela humanidade, com registro de cultivo há mais de 4.300 a.C em países como Iran, Egito, Índia e China (ARRIEL, 2007).

As raízes são pivotantes, formando um sistema axonomorfa. O caule é ereto, com ou sem ramificações, seção quadrangular ou cilíndrica, com ou sem pelos, de cor verde. A ramificação e o crescimento de toda a planta dependem do meio ambiente, do manejo cultural, da precipitação, do comprimento do dia, da densidade de sementes e de plantio (ARRIEL, 2007). As sementes são pequenas (1000 sementes pesam entre 2 g e 4 g), ovaladas e ligeiramente achatadas, havendo mais de 20 sementes por lóculo do fruto. São de cores variadas, de branca a preta, passando pelo marrom, verde-oliva e amarelo. O número e o tamanho das sementes, por frutos, são variáveis, e o principal constituinte é o óleo, que pode alcançar até 60% em algumas cultivares (BELTRÃO et al., 1994).

A espécie foi introduzida no Brasil, pelos portugueses no século XVI durante a colonização, trazidos da Ásia Tropical. É uma planta anual ou perene, dependendo da cultivar, de altura variável, entre 0,5 m e 3,0 m, com razoável nível de heterofilia, folhas pecioladas, pubescentes, flores completas e axilares, gamopétalas e zigomorfas, com fruto tipo cápsula e de deiscência loculicida (BELTRÃO et al., 1994).

A ramificação e o crescimento de toda a planta dependem do meio ambiente, manejo cultural, precipitação, comprimento do dia, densidade de sementes e de plantio (ARRIEL, 2009). As sementes são pequenas (1000 sementes pesam entre 2 g e 4 g), ovaladas e

ligeiramente achatadas, com mais de 20 sementes por lóculo do fruto. São de cores variadas, de branca a preta, passando por marrom, verde oliva e amarela. O número e o tamanho das sementes por frutos são variáveis, sendo que o principal constituinte é o óleo que poderá alcançar até 60% em algumas cultivares (MAZZANI; HOROVITZ, 1983).

Um dos fatores que restringem uma maior produtividade na cultura é a perda de sementes durante o processo de colheita, manual ou mecânica. Esta perda ocorre porque o período de frutificação do gergelim se prolonga por várias semanas; quando os frutos da base estão maduros, eles começam a abrir. Porém, na parte apical dos ramos principais ou secundários encontram-se frutos na fase inicial de desenvolvimento e, como a abertura dos frutos se processa em ritmo acelerado, qualquer atraso no corte pode representar sensíveis perdas de sementes (ARRIEL et al., 2007).

É um alimento de alto valor nutricional, rico em óleo e proteínas. Além de fins alimentares, seus grãos encontram diversas aplicações nas indústrias farmacêutica, cosmética e óleo-química (BRASIL, 2008). A torta obtida da prensagem dos grãos se constitui em excelente concentrado para alimentação animal. Devido à tolerância à seca e à facilidade de cultivo, o gergelim apresenta alto potencial agrônômico, podendo ser usado em rotação e em sucessão de culturas. Consorciado com algodão, funciona como cultura armadilha para mosca branca e para controle de formigas cortadeiras (BELTRÃO, 1994).

Cabe destacar que o gergelim é um alimento funcional, pois junto com a soja, é o vegetal mais rico em lecitina, componente essencial do tecido nervoso e intervém na função das glândulas sexuais. É um poderoso emulsificante, facilitando a dissolução das gorduras em meio aquoso. Uma de suas funções no sangue consiste em manter dissolvidos os lipídios em geral, especialmente o colesterol, evitando, assim, que se depositem nas paredes das artérias.

Segundo a FAO (2007), para que a agricultura produza benefícios reais e permanentes, ela terá que encontrar formas de se desenvolver, aumentando seus rendimentos e diminuindo os efeitos adversos. Para isso, será necessário identificar formas adequadas de apoio comercial e técnico, além de cuidados especiais na gestão dos recursos e avaliação social e ecológica das regiões com potencial agrícola.

A partir de 1986 o gergelim passou a ser cultivado comercialmente no Nordeste e inicialmente plantou-se 1.000 hectares que evoluíram para 7.000 hectares em 1988. A falta de financiamento para a cultura e ausência de estrutura de comercialização fez a lavoura retornar aos fundos de quintais. Com a ociosidade da indústria de óleo nordestina, a resistência da planta à seca e a facilidade do seu cultivo aliados à possibilidade de exportação, o óleo

aparece como alternativa para melhorar a renda de pequenos produtores e eleva a possibilidade de difusão do cultivo dessa oleaginosa (BELTRÃO, 1994).

Atualmente, os maiores produtores do Brasil, em ordem decrescente, são os estados de Goiás, Mato Grosso e São Paulo, e Minas Gerais. Como o gergelim é uma cultura perfeitamente adaptada aos solos e clima quente brasileiros, a sua produção agrícola deve ser estimulada, não só em função da projeção de aumento do novo mercado energético, baseado no Programa Brasileiro de Biodiesel, mas da possibilidade de exportação de sementes e derivados pra países ricos (EUA, Alemanha, Holanda, Japão, dentre outros), que parece ser a alternativa mais viável para exploração da cultura, devido ao alto valor comercial das sementes e óleo.

### **2.8.1 Características edafoclimáticas do gergelim**

O gergelim é uma planta com elevado nível de adaptabilidade, sendo cultivado em diversas localidades do mundo, entre 25° N a 25° S, encontrado desde 40° N na China, Rússia e EUA até 35°S. Quanto ao clima, às temperaturas baixas causam esterilidade do pólen reduzem a fertilização e queda na produção. Os intervalos ótimos para produção estão entre 25°C a 30°C, sendo que temperaturas acima de 40°C reduzem a polinização. É uma espécie considerada resistente à seca, podendo produzir com um mínimo de precipitação (300 mm) bem distribuída, mas a faixa ótima está entre 500 mm e 650 mm.

O gergelim prefere solos profundos com textura franca, bem drenados e de boa fertilidade natural (macro e micronutrientes). A planta pode crescer ou desenvolver-se em tipos diversos de solos sem atingir a plenitude observada nos solos preferenciais. Os solos devem apresentar reação neutra pH próximo a 7, não tolerando, a planta, aqueles com pH abaixo de 5,5 ou acima de 8, é extremamente sensível à salinidade e alcalinidade (por sódio trocável). Em regiões semiáridas do Nordeste ( Seridó, Cariri, Sertão ) os solos são razoáveis para o cultivo do gergelim que é uma planta sensível ao encharcamento e à saturação hídrica do solo. O gergelim também extrai do solo quantidades elevadas de N, P e K, (BELTRÃO et al., 2001). A cultura absorve pouco N-P-K até o trigésimo dia após o plantio, a partir daí os requerimentos da planta por esses nutrientes crescem rapidamente, alcançando uma demanda máxima de N aos 74 dias, de P dos 60 aos 90 dias e de K, depois dos 35 dias, crescendo até o final do ciclo ( ARRIEL et al., 2009 ).

O gergelim não tolera solos ácidos, sendo necessária a correção da acidez. A espécie é exigente em macro e micro nutrientes, e, como cultura de safrinha deve-se aproveitar o

máximo dos restos de cultivos para minimizar os custos com adubos químicos. A adubação deve ser recomendada mediante análise do solo. Solos com teor de matéria orgânica superior a 2,6%, fósforo e potássio acima de 10 mg/dm<sup>3</sup> e 23 cmol/dm<sup>3</sup>, respectivamente, não requerem adubação de plantio. Quando necessário, utilizar fontes de adubos que contenham enxofre, elemento muito importante para o gergelim. Para solos com fertilidade próxima do mínimo (2,6% de matéria orgânica, 10 mg/dm<sup>3</sup> de P e 23 cmol/dm<sup>3</sup> de K), utiliza-se 30 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio e 30 kg ha<sup>-1</sup> de potássio. O uso de restos vegetais para compostagem e esterco de aves e de animais pode ser uma alternativa como adubação. Em geral a planta precisa de 50 kg/ha de N, de 14 kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 60 kg/ha de K<sub>2</sub>O e 20 kg/ha de S para produzir 1.000 kg/ha.

Os teores médios dos componentes encontrados em 100 g de grão são: 5,4% de água, 563 kcal - calorias, 18,6g de proteínas, 49,1% de óleo, 21,6% de carboidratos totais, 6,3% de fibras totais, 5,3% de cinzas, 1.160 mg de cálcio, 616 mg de fósforo, 10,5 mg de ferro, 60 mg de sódio, 725 mg de potássio, 99µg de vitamina A (30 UI – Unidade Internacional), 0,98 mg de tiamina, 0,23 mg de riboflavina, 5,4 mg de niacina.

## 2.8.2 Importância econômica da cultura do gergelim

O principal produto do gergelim são suas sementes que possuem elevado valor nutricional, em virtude de quantidades significativas de vitaminas, principalmente do complexo B e de constituintes como cálcio, ferro, fósforo, potássio, magnésio, sódio, zinco e selênio (BRASIL, 2006).

O gergelim é uma cultura de grande valor econômico, pelas inúmeras utilidades que sua semente oferece, tanto na parte comestível como, na produção de óleo; entretanto, o cultivo se restringe a pequenas lavouras, com pouco interesse comercial e baixo nível tecnológico (BELTRÃO et al., 1994).

A principal demanda de gergelim provém da indústria alimentícia, sendo que 70% da produção de grãos, na maioria dos países importadores, são utilizadas para a elaboração de óleo e farinha. Dependendo da variedade, a semente integral do gergelim (*Sesamum indicum*, L), pode conter 54,08% de óleo e 21,83% de proteína, além de ser considerada rica em aminoácidos sulfurados, característica rara entre as proteínas de origem vegetal (QUEIROGA; SILVA, 2008). O uso de suas sementes tem crescido em torno de 15 % ao ano graças ao aumento da quantidade de produtos industrializáveis para o consumo. A maior parte das

sementes produzidas no mundo é processada para obtenção de óleo e produtos alimentícios (ARRIEL et al., 2009).

Na culinária caseira usa-se a semente como tempero e para o preparo de biscoitos, pães, doces, alimentação animal e outros. Na indústria química, o óleo pode ser usado na fabricação de margarinas, cosméticos, perfumes, remédios, lubrificantes, sabão, tintas e inseticidas (BELTRÃO et al., 1994). O óleo de gergelim pode ser encontrado em feiras livres, mercados, supermercados e em lojas de produtos para dietas naturalistas e especiais. sendo o óleo rico em vitamina E, ácido oléico e minoléico e coadjuvantes na manutenção ou na recuperação da saúde (BELTRÃO; VIEIRA, 2001).

## 2.9 ÁGUA E AGRICULTURA IRRIGADA

A água doce é um recurso escasso, exclusivo dos recursos naturais, essenciais para a vida na Terra e as atividades produtivas do ser humano. Os sistemas agrícolas aumentam continuamente a intensidade de exploração do solo e recursos aquáticos; comprometendo sua qualidade e capacidade produtiva. Assim, uma das formas de contaminação da água é uma consequência do desenvolvimento agrícola. A agricultura é responsável por cerca de 70% do total de água consumida no Brasil.

O volume total de água no planeta é constante, com a água doce representando cerca de 35 milhões de Km<sup>3</sup>, ou seja, 2,52% da quantidade total (RIGHETO, 1998). Devido ao aumento do consumo de água e sua grande escassez em algumas regiões, esse líquido passou a ser considerado como um bem econômico, conforme Agenda 21, conferida em 1992. A disponibilidade da água diminui gradativamente devido ao crescimento populacional, à expansão das fronteiras agrícolas e à degradação do meio ambiente. Sendo a água um recurso indispensável à vida, é de fundamental importância a discussão das relações entre o homem e a água, uma vez que a sobrevivência das gerações futuras depende diretamente das decisões que hoje estão sendo tomadas (TELLES; COSTA, 2006).

Por outro lado, o consumo mundial de água aumentou mais de seis vezes em menos de um século, mais que o dobro das taxas de crescimento da população. Em nível global, os recursos hídricos tendem a se tornar mais escassos, devido aos processos de uso e de poluição crescentes, caso não haja ações enérgicas visando à melhoria da gestão da oferta e da demanda da água (FREITAS; SANTOS, 1999). De acordo com Telles e Costa (2006) a escassez de água refletirá na produção de alimentos, uma vez que são necessárias 1000 toneladas de água para produzir uma tonelada de grãos.

O conceito de qualidade de água refere-se às características que podem afetar sua adaptabilidade para o uso específico; em outras palavras, é a relação entre a qualidade da água e as necessidades do usuário (VON SPERLING, 2005). A qualidade da água exigida pelos diversos usos é diferenciada. Assim, uma água pode ser considerada de boa qualidade para lazer e recreação, mas não para consumo humano ou irrigação. A qualidade da água para irrigação é avaliada não apenas pelo seu conteúdo total de sais, assim como, pela composição individual dos íons presentes. Alguns cátions e ânions, quando em excesso, podem trazer prejuízos ao solo (pelo efeito direto na sodificação) e às plantas cultivadas, dependendo do grau de tolerância destas aos sais (AYRES; WESTCOT, 1991).

Nessas áreas, em que as culturas não dispõem de água suficiente para suprir suas necessidades hídricas durante todo o ciclo vegetativo, a irrigação assume papel de fundamental importância no que se refere à garantia de boas safras agrícolas.

Sendo a agricultura a atividade que mais demanda consumo de água, é importante que se monitore e avalie regularmente a qualidade das águas que são escoadas dessas áreas irrigadas, uma vez que em sua dinâmica elas retornam aos lençóis freáticos pelo escoamento superficial e sub-superficial.

## 2.10 QUALIDADE DA ÁGUA PARA IRRIGAÇÃO

A qualidade da água para irrigação é avaliada não apenas pelo seu conteúdo total de sais, mas, também, pela composição individual dos íons presentes. Alguns cátions e ânions, quando em excesso, podem trazer prejuízos ao solo ( pelo efeito direto na sodificação ) e às plantas cultivadas, dependendo do grau de tolerância destas aos sais (AYRES; WESTCOT, 1991). Dentre as características que determinam a qualidade da água para a irrigação, a concentração de sais solúveis ou salinidade é um fator limitante ao desenvolvimento de algumas culturas (BERNARDO, 1996). O conteúdo de sais na água empregada na irrigação tem grande variabilidade, dependendo do manancial em que é coletada e da formação geológica onde o mesmo está encravado, além de outros fatores ambientais que afetam diretamente os mananciais superficiais e, indiretamente, os aquíferos sub-superficiais (OLIVEIRA; MAIA, 1998).

Por sua vez, a água de irrigação, independente de sua origem, é o principal meio de aporte de sais ao solo (salinização secundária ou antrópica). Como todas as águas naturais – sejam elas de origem meteórica (chuva), superficial (rios, lagos, açudes, etc.) ou subterrânea

(aquíferos) – contêm quantidades variáveis de sais solúveis, a aplicação de água ao solo pela irrigação implica, necessariamente, adição de sais ao seu perfil.

Em áreas irrigadas, é comum o surgimento de solos afetados por sais causados pelo manejo inadequado da irrigação, principalmente, e de outras práticas, de modo que importantes extensões de terras férteis e agricultáveis, no muito inteiro, vêm cada vez mais se tornando salinas. Isso se verifica, no entanto, em decorrência de práticas de manejo que não visam à conservação da capacidade produtiva do solo, tais como: inexistência de sistema de drenagem eficiente; uso de águas em quantidade e com qualidade não adequadas, além do emprego incorreto e excessivo de adubos químicos (DONEEN, 1971).

A salinização do solo pode provocar, ainda, um efeito indireto bastante adverso ao crescimento das plantas: a destruição da estrutura do solo e conseqüente compactação deste. Tal fato ocorre devido à dispersão das partículas de argila causada pela substituição dos íons cálcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ) e magnésio ( $\text{Mg}^{2+}$ ) presentes no complexo de troca pelo sódio ( $\text{Na}^+$ ), resultando, assim, na elevação da sodicidade do solo. Ou seja, na porcentagem de sódio trocável (PST), que, em última instância, é o principal fator responsável pela deterioração das propriedades físicas dos solos afetados por sais (sódicos, ou alcalinos, e salino-sódicos). Além dos efeitos negativos decorrentes da facilidade ao encharcamento e da má aeração, comuns em solos compactados, a alta PST torna a atividade agrícola quase impraticável e antieconômica em solos sódicos, por ser o seu manejo bastante difícil e a sua recuperação muito dispendiosa (AYRES; WESTCOT, 1991).

## 2.11 CRITÉRIOS PARA ESTABELEECER A QUALIDADE DA ÁGUA DE IRRIGAÇÃO

Os aspectos fundamentais a considerar no uso da água de irrigação são aqueles que afetam principalmente a conservação do solo e os rendimentos e qualidade das colheitas. No que se refere a qualidade da água para irrigação, Mota (2007) classifica em: salinidade, sodicidade, toxicidade dos íons e os aspectos sanitários. Salinidade é o resultado da acumulação de sais na dissolução do solo, aumentando o potencial osmótico, o que impede ou dificulta, a captação da água por parte da planta e ainda origina alterações na absorção não seletiva de nutrientes. O principal agente causador da salinidade do solo é a qualidade utilizada na irrigação, agravando-se quando o manejo da irrigação com essas águas é utilizado inadequadamente.

A salinidade da água é expressa usualmente pela Condutividade elétrica (CE) no Sistema Internacional de Unidades em deciSiemens por metro à 25°C, e é definida como sendo a maior ou menor facilidade que tem a corrente elétrica de atravessar uma solução, sendo 1dS/m equivalente a 1.000 micromhos/cm.

O laboratório de salinidade dos Estados Unidos estabeleceu intervalos para a Condutividade Elétrica da água, em termos de risco de salinidade. A tabela 2.1 contém essas informações.

Tabela 2.1 – Classificação das águas de irrigação de acordo com o laboratório de Salinidade dos Estados Unidos

<b>Salinidade (micromhos/cm, a 25°C)</b>	<b>Risco de Salinidade</b>	<b>Classificação</b>
Menor que 250	Baixo	C1
Entre 250 e 750	Médio	C2
Entre 750 e 2.250	Alto	C3
Acima de 2.250	Muito alto	C4

Fonte: Ayres; Westcot (1991); Almeida (2010).

Um dos grandes problemas ambientais é decorrente do manejo das águas de irrigação. As culturas agrícolas, em sua grande maioria, não são tolerantes a níveis altos de salinidade, de modo que aquelas mais sensíveis são drasticamente afetadas pelos efeitos deletérios dos sais, que podem restringir – ou até mesmo impedir – o crescimento e a produção de muitas espécies vegetais. Tais efeitos prejudiciais são devidos, sobretudo, a:

- O menor potencial osmótico do solo e consequente aumento na resistência à absorção de água pelas plantas;
- A obstrução dos processos metabólicos essenciais à nutrição vegetal;
- A toxicidade resultante da elevada concentração salina e de íons específicos, como o  $\text{Na}^+$  e o  $\text{Cl}^-$ , principalmente se o método de irrigação adotado for o da aspersão convencional, em que a água salina molha a folhagem da planta acelerando o processo de absorção dos sais solúveis. De acordo com o manual da CETESB (Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental) do estado de São Paulo as concentrações máximas dos elementos em águas de reuso em relação ao sódio, cloreto e boro são respectivamente 69, 106,5 e 0,5 miligramas por litro.

Os dois fatores mais comuns de qualidade da água que influenciam a taxa de infiltração de normalidade são a salinidade da água (quantidade total de sais na água) e seu teor de sódio em relação ao teor de cálcio e magnésio. A alta salinidade da água vai aumentar

a infiltração. A água de baixa salinidade ou água com alto teor de sódio à relação cálcio vai diminuir a infiltração. Ambos os fatores podem operar ao mesmo tempo. Problemas secundários podem também desenvolver-se irrigações deve ser prolongada por um período prolongado de tempo para alcançar a infiltração adequada. Estes incluem formação de crostas em canteiros, plantas daninhas excessivas, distúrbios nutricionais e de afogamento da cultura, apodrecimento das sementes e colheita pobre está em baixa altitude pontos molhados.

A salinidade, portanto, tem-se constituído num dos mais sérios fatores limitantes da produção agrícola, especialmente em áreas irrigadas sob condição de temperatura elevada e pluviometria baixa, onde o problema pode tornar-se ainda mais agravado pelo uso de águas de má qualidade para irrigação. Ademais, o melhoramento das propriedades do solo, por meio da sua recuperação com a prática da drenagem e o uso de condicionadores físico-químicos (matéria orgânica e resinas), químicos (gesso agrícola, etc.) e biológicos (plantas halófitas), nem sempre é viável sob os pontos de vista práticos e econômicos (ALMEIDA, 2010).

Um dos problemas relacionados à qualidade da água na maioria dos casos ocorre nos primeiros centímetros da superfície do solo, pois está ligado à estabilidade estrutural da superfície do solo e seu baixo teor de cálcio em relação à de sódio. O problema também pode ser causado por um teor de cálcio extremamente baixo da superfície do solo. Águas com alto teor de sódio podem alterar a estrutura dos solos, resultando na diminuição de sua permeabilidade, influenciando na drenagem da água e aumentando o risco de salinidade. Esse risco é avaliado através de um índice proposto pelo laboratório de Salinidade dos Estados Unidos, denominado Relação de Adsorção de Sódio (RAS), para o qual foram definidas as seguintes faixas, descritas na tabela 2.2.

**Tabela 2.2** – Intervalos de relação de adsorção de sódio *versus* risco de Permeabilidade

<b>Relação de Adsorção de Sódio</b>	<b>Risco de Diminuição da Permeabilidade</b>	<b>Classificação</b>
Menor que 10	Baixo	S1
De 10 a 18	Médio	S2
De 18 a 26	Alto	S3
Maior que 26	Muito alto	S4

Fonte: Ayres; Westcot (1991).

O dano à cultura agrícola depende da absorção e de sua sensibilidade. As culturas perenes são as mais sensíveis. Os danos geralmente ocorrem em concentrações iônicas relativamente baixas para culturas sensíveis. Geralmente é evidenciado nas primeiras folhas a clorose entre as nervuras. Se o acúmulo é grande o suficiente, o resultado é a diminuição do rendimento. As culturas mais tolerantes anuais não são sensíveis a baixas concentrações, mas

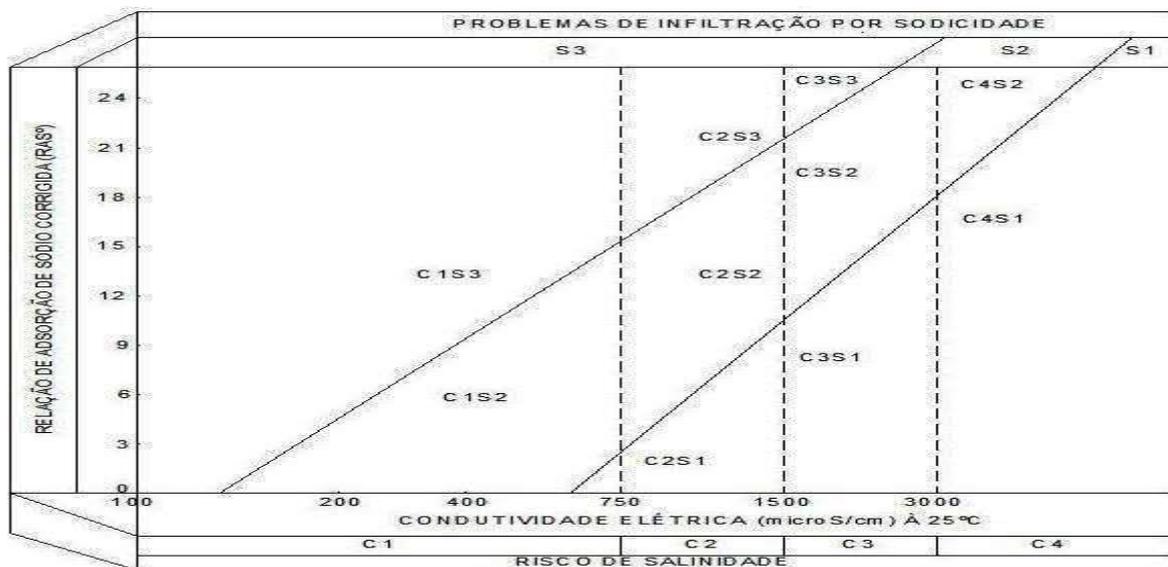
quase todas as lavouras serão danificadas ou mortas se as concentrações são suficientemente elevadas.

Nesse sentido, Ayres e Westcot (1991) afirmam que os íons de maior preocupação são o sódio, cloreto e boro. Embora os problemas de toxicidade possam ocorrer mesmo quando esses íons estão em baixas concentrações, geralmente acompanha a toxicidade e complica a salinidade ou o problema de infiltração de água. Danos são causados quando os íons potencialmente tóxicos são absorvidos em quantidades significativas com a água absorvida pelas raízes. Esses íons são transportados para as folhas onde se acumulam durante a transpiração. Os íons se acumulam na maior extensão nas áreas onde a perda de água é maior, geralmente as pontas das folhas e nas bordas das folhas. Acumulação a concentrações tóxicas leva tempo e o dano visual é frequentemente lento para ser observado.

Amorim et al. (2008), afirmam que o dano causado à planta depende da duração da exposição, da concentração do íon tóxico, da sensibilidade da cultura, e do volume de água transpirada pelas plantas. Os autores ressaltam que em clima quente ou parte quente do ano, o acúmulo é mais rápido do que se a mesma cultura estivesse sendo cultivada em um clima mais frio.

As análises de água de irrigação, geralmente, apresentam os resultados classificando-as, de forma conjunta, em termos de salinidade e sodicidade. O diagrama de Ghevy, apresenta a relação de adsorção de sódio corrigida e o risco de salinidade. Nesse diagrama uma água classificada como C1S1, tem baixo de risco de salinidade e de sódio. Já uma água tipo C2S2, tem médio risco de salinidade e médio risco de sodicidade

**Figura 2.1** – Diagrama de GHEVY para classificação das águas de irrigação



A toxicidade pode também ocorrer a partir de absorção direta dos íons tóxicos através de folhas molhadas por aspersão aérea. O sódio e o cloro são os íons primários absorvidos através das folhas, e a toxicidade de um ou ambos podem ser um problema com determinadas culturas sensíveis, tais como citros. Como as concentrações de aumento da água aplicada, os danos se desenvolvem mais rapidamente e a toxicidade se torna progressivamente mais severa (AMORIM et al., 2008).

Em relação aos padrões microbiológicos para reúso de águas os valores estão compilados na tabela 2.3, segundo a OMS (1986).

**Tabela 2.3 - Padrões microbiológicos para reúso de águas residuárias (OMS)**

Categoria da irrigação	Opção <sup>(1)</sup>	Tratamento de esgotos e remoção de patógenos ( $\log_{10}$ ) <sup>(2)</sup>	Qualidade do efluente	
			<i>E.coli</i> 100 mL <sup>-1</sup> <sup>(3)</sup>	Ovos helmintos L <sup>-1</sup> <sup>(4) (5)</sup>
Irrestrita	A	4	$\leq 10^3$	$\leq 1$ <sup>(4) (5)</sup>
	B	3	$\leq 10^4$	
	C	2	$\leq 10^5$	
	D	4	$\leq 10^3$	
Restrita	E	6 ou 7	$\leq 10^1$ ou $10^0$	
	F	4	$\leq 10^4$	
	G	3	$\leq 10^5$	
	H	< 1	$\leq 10^6$	

1) Combinação de medidas de proteção à saúde. (A): cultivo de raízes e tubérculos; (B) cultivo de folhosas; (c) irrigação localizada de plantas que se desenvolvem distantes do nível do solo; (D) irrigação localizada de plantas que se desenvolvem rentes ao nível do solo; (E): qualidade de efluentes alcançável com o emprego de técnicas de tratamento tais como tratamento secundário + coagulação + filtração + desinfecção; qualidade dos efluentes avaliada ainda com o emprego de indicadores complementares (por exemplo, turbidez, SST, cloro residual; (F): agricultura de baixo nível tecnológico e mão de obra intensiva; (G): agricultura de alto nível tecnológico e altamente mecanizada; (H) técnicas de tratamento com reduzida capacidade de remoção de patógenos (por exemplo, tanques sépticos ou reatores UASB) associada ao emprego de técnicas de irrigação com elevado potencial de minimização da exposição (irrigação subsuperficial). (2) remoção de vírus que associada a outras medidas de proteção à saúde corresponderia a uma carga de doenças virais tolerável  $\leq 10^{-6}$  DALY ppa e riscos de infecções bacterianas e por protozoários. (3) Qualidade do efluente correspondente à remoção de patógenos indicada em (2). (4) No caso de exposição de crianças (15 anos) recomenda-se um padrão e, ou, medidas complementares mais exigentes:  $\leq 0,1$  ovo L<sup>-1</sup>, utilização de equipamentos de proteção individual, tratamento quimioterápico. No caso da garantia da remoção adicional de 1  $\log_{10}$  na higiene dos alimentos pode-se admitir  $\leq 10$  ovos L<sup>-1</sup>. (5) Média aritmética em pelo menos 90% do tempo, durante o período de irrigação. A remoção requerida de ovos de helmintos ( $\log_{10}$ ) depende a concentração presente no esgoto bruto com o emprego de lagoas de estabilização, o tempo de detenção hidráulica pode ser utilizado como indicador de remoção de helmintos. No caso da utilização de técnicas de tratamento mais complexas (opção E), o emprego de outros indicadores (por exemplo, turbidez  $\leq 2$  uT) pode dispensar a verificação do padrão ovos helmintos. No caso de irrigação localizada, em que não haja contato da água com as plantas e na ausência de riscos para os agricultores (por exemplo, opção H) o padrão ovos de helmintos poderia ser dispensável.

Fonte: WHO (1986)

A toxicidade pode também ocorrer a partir de absorção direta dos íons tóxicos através de folhas molhadas por aspersão aérea. O sódio e o cloro são os íons primários absorvidos através das folhas, e a toxicidade de um ou ambos podem ser um problema com determinadas culturas sensíveis, tais como citros. Como as concentrações de aumento da água aplicada, os danos se desenvolvem mais rapidamente e a toxicidade se torna progressivamente mais severa (AMORIM et al., 2008).

## 2.12 INFLUÊNCIA DA SALINIDADE DA ÁGUA NA PRODUTIVIDADE DE ALGUMAS CULTURAS

A redução geral no crescimento da planta e produtividade das culturas, tem-se tornado comportamento corriqueiro verificado em diversos trabalhos, quando as plantas são submetidas ao estresse salino. Este comportamento é atribuído à redução no potencial hídrico da solução do solo gerado pelo efeito osmótico dos íons, adicionados em grandes quantidades pelo uso continuado de água salina, como verificado por dificultar a absorção de água pelas raízes das plantas.

Nesse sentido, Costa (2007), ao avaliar a produção média de biomassa fresca do amaranto em casa de vegetação no IFRN, obtida com águas de salinidade igual a 0,17 dS/m e 4,5 dS/m constatou uma redução de 16,6% para a água mais salina. Nesse mesmo estudo o aumento da concentração salina da água de irrigação inibiu a absorção de nutrientes pelas plantas.

Medeiros et al. (2007), estudando o efeito de diferentes níveis de salinidade da água de irrigação (0,55, 1,23, 2,27, 3,41 e 4,50 dS/m) e uma fração de lixiviação de 0,10, sobre duas cultivares de coentro, concluíram que os níveis de salinidade afetaram os vários parâmetros estudados, como peso fresco e altura de plantas, por ocasião da colheita de folhas verdes, produção de frutos e seus componentes de produção. A diminuição nos rendimento de folhas verdes e de frutos para o nível mais alto de salinidade, em relação à produção obtida para a água de baixa salinidade, foi de 33% e 29%, respectivamente.

Lima et al. (2001) em experimento realizado com pinheira, constataram que, apesar de ter sido mais sensível aos sais na fase inicial de crescimento do que durante o processo de germinação, as plantas se comportaram como sendo moderadamente tolerantes aos sais. A maior parte das variáveis sofreu interferência significativa dos níveis de CE das águas a partir de 2,0 dS m<sup>-1</sup>.

As reduções no crescimento e na produtividade promovidas pela salinidade já foram observadas em cultivares do feijão de corda em estudos em casa de vegetação (DANTAS et al., 2002). Os autores afirmam que esses efeitos estão associados aos processos osmóticos, tóxicos e nutricionais do estresse salino, que afetam a assimilação líquida de CO<sub>2</sub>, inibem a expansão foliar e aceleram a senescência de folhas maduras, reduzindo, conseqüentemente, a área destinada ao processo fotossintético e a produção total de foto assimilados. As videiras são moderadamente sensíveis à salinidade do solo, sendo que a diminuição de rendimento em relação à condutividade elétrica do extrato de saturação do solo (CEes) para valores de 1,5; 2,5; 4,1; 6,7 e 12 ds/m é respectivamente de 0, 10, 25, 50 e 100% (RHOADES et al., 1992). De acordo com esses mesmos autores, o excesso de sais reduz o desenvolvimento da planta em razão do aumento de energia, que precisa ser desprendida para absorver água do solo, e ao ajustamento bioquímico necessário para sobreviver sob estresse.

### 2.13 REÚSO DE ÁGUA

O reaproveitamento ou reuso da água é o processo pelo qual a água, tratada ou não, é reutilizada para o mesmo ou outro fim (HESPANHOL, 2008). A falta de recursos hídricos e o aumento dos conflitos pelo uso da água geraram a emergência da conservação e do tratamento e reuso, como componentes formais da gestão de recursos hídricos. Os benefícios inerentes à utilização de água recuperada para usos benéficos, ao contrário de disposição ou descarga, incluem preservação de fontes de qualidade elevada, proteção ambiental e benefícios econômicos e sociais.

O reuso de água apresenta diversas vantagens do ponto de vista econômico, social e ambiental. É imprescindível destacar o conteúdo dos elementos minerais presentes em efluentes urbanos, destacando a presença de macronutrientes, como N, P e K, bem como de micronutrientes, como: As, Cd, Cr, Hg, Mo, Ni, Pb, Se e Zn, alguns deles necessários ao desenvolvimento vegetal.

No que se referem aos patogênicos, vetores de doenças ao ser humano, é preciso destacar que o solo atua como redutor do período de sobrevivência dos mesmos. Nesse aspecto, a Organização Mundial de Saúde estabeleceu, em 1990, diretrizes sanitárias para o uso de efluentes urbanos em irrigação, tendo em vista rápida expansão que essa atividade vem ocorrendo em diversos países. Assim, a reutilização de águas residuárias de uma maneira geral, promove as seguintes vantagens:

- ❖ Propicia o uso sustentável dos recursos hídricos;
- ❖ Minimiza a poluição hídrica nos mananciais;
- ❖ Estimula o uso racional de águas de boa qualidade;
- ❖ Possibilita a economia de dispêndios com fertilizantes químicos e matéria orgânica;
- ❖ Provoca aumento da produtividade agrícola;

## 2.14 LEGISLAÇÃO RELATIVA AO REÚSO DE ÁGUA

A partir da promulgação da Lei nº 9.433/97, que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, é dado um novo enfoque para a questão hídrica, a gestão do uso da água por bacias hidrográficas e o conceito do usuário pagador. A ênfase legislativa incide na racionalização do uso da água, estabelecendo princípios e instrumentos para sua utilização. Porém, pouca preocupação legislativa ocorreu para fixação de princípios e critérios para a reutilização da água no Brasil.

Segundo Hespanhol (2008), importância especial ao reuso foi dada na Agenda 21, a qual recomendou aos países participantes da ECO a implementação de políticas de gestão dirigidas para o uso e reciclagem de efluentes, integrando proteção de saúde pública de grupos de risco, com práticas ambientais adequadas.

No capítulo 21 - “Gestão ambientalmente adequada de resíduos líquidos e sólidos”, Área Programática B - “Maximizando o reuso e a reciclagem ambientalmente adequadas”, é estabelecido, como um dos objetivos básicos: “vitalizar e ampliar os sistemas nacionais de reuso e reciclagem de resíduos”.

A prática de uso de águas residuárias também é associada às seguintes áreas programáticas incluídas nos capítulos 14 - “Promovendo a agricultura sustentada e o desenvolvimento rural”, e 18 - “Proteção da qualidade das fontes de águas de abastecimento - Aplicação de métodos adequados para o desenvolvimento, gestão e uso dos recursos hídricos”, visando à disponibilidade de água “para a produção sustentada de alimentos e desenvolvimento rural sustentado” e “para a proteção dos recursos hídricos, qualidade da água e dos ecossistemas aquáticos”. Conforme Hespanhol (2008), embora não exista, no Brasil, nenhuma legislação relativa, já se dispõe de uma primeira demonstração de vontade política, direcionada para a institucionalização do reuso.

Nesse sentido, a “Conferência Interparlamentar sobre Desenvolvimento e Meio Ambiente”, realizada em Brasília, em dezembro de 1992, recomendou, sob o item

“Conservação e Gestão de Recursos para o Desenvolvimento”, que se envidassem esforços, em âmbito nacional, para “institucionalizar a reciclagem e reuso sempre que possível e promover o tratamento e a disposição de esgotos, de maneira a não poluir o meio ambiente”. Com base em várias legislações, destaque para resolução número 54 do Conselho Nacional de Recursos Hídricos que estabelece critérios gerais para prática de reuso não potável em que as diretrizes e critérios serão estabelecidos pelos órgãos competentes. De acordo com Fink e Santos (2002), a legislação em vigor, ao instituir os fundamentos da gestão de recursos hídricos, cria condições jurídicas e econômicas para a hipótese do reuso de água como forma de utilização racional e de preservação ambiental.

## 2.15 REÚSO DE ÁGUA PROVENIENTE DA PISCICULTURA

A descarga de efluentes de tanques de piscicultura no meio ambiente pode causar a poluição do solo e de mananciais, gerando impactos ambientais. Uma alternativa que vem surgindo para resolver o problema da eliminação desses efluentes é a sua utilização na irrigação de várias culturas.

A reutilização dessas águas pode ser também uma alternativa para resolver o problema da escassez de água para irrigação em regiões semiáridas, tornando o sistema mais sustentável e complementando a renda do produtor. O fato do efluente ser rico em matéria orgânica e nutrientes, como nitrogênio e fósforo, além de microrganismos que podem ser transferidos para o solo, possibilita que a irrigação com essas águas funcione como uma fertirrigação para as plantas (MOTA et al., 2007).

Castro et al (2002), avaliando o uso de efluente de viveiro de peixes e água de poço na irrigação do tomate cereja em diferentes substratos de esterco bovino, observou que os tipos de água isoladamente não apresentaram efeito significativo para as características: peso seco da parte aérea e da raiz, produção por planta, peso médio e diâmetro transversal dos frutos. Verificou ainda, a interação do efluente de viveiro de peixe e concentração de 20% de esterco bovino para a característica diâmetro transversal de frutos, e no peso médio dos frutos o maior valor ocorreu na concentração de 50%. Porém quando se utilizou a água de poço foi constatado o inverso, ou seja, o maior valor do diâmetro transversal de frutos ocorreu na concentração de 50%, enquanto o peso médio dos frutos foi maior na utilização de 12% de esterco bovino.

Pereira et al. (2003) avaliando o rendimento de alface irrigada com efluente de viveiro de peixes comparada com água de poço tubular, cultivada em diferentes substratos,

observaram que não houve efeito significativo para o fator água isoladamente, mas na interação, o tratamento efluente de viveiro mais esterco bovino apresentou valor significativo para a característica matéria fresca da parte aérea.

Diferente disso, Castro et al. (2003), avaliando o uso de efluente de viveiro de peixes e água de poço na irrigação do tomate cereja em diferentes adubos, observou efeito significativo para tipo de água, e que a irrigação com o efluente provocou um aumento da produtividade, sempre que as necessidades das plantas não eram adequadamente supridas pela adubação.

Nogueira Filho et al. (2003), pesquisando o desenvolvimento da alface cultivada em sistema hidropônico, com a utilização da água residual da piscicultura em sistema super-intensivo fechado, verificou que as plantas cultivadas somente com a água residual apresentaram menor produção de massa fresca e concentração de nutrientes nas folhas, exceto para o Ca, Mg, B e Fe, enquanto que as cultivares com a água residual adicionada de 25% da solução nutritiva, apresentaram os melhores resultados.

## 2.16 QUALIDADE MICROBIOLÓGICA DA ÁGUA RESIDUAL DE TANQUES DE PISCICULTURA

A utilização de efluentes da piscicultura para irrigação requer alguns cuidados, como a qualidade da água em relação aos níveis de coliformes fecais. Barbosa et al. (2002), avaliaram níveis de coliformes presentes em água de poço e dois tanques de piscicultura com média (2 peixes/m<sup>2</sup>) e alta (10 peixes/m<sup>2</sup>) estocagem de tilápia, e verificou que os níveis de coliformes totais e fecais das águas foram respectivamente de 170/100 mL e de 80/100 mL, portanto bem abaixo dos padrões da Organização Mundial de Saúde que é igual a média geométrica de 1000 coliformes fecais por 100 mL de água (WHO, 2006).

Ceballos et al. (2005), ao realizar análises microbiológicas no pimentão com águas residuárias demonstraram que coliformes termotolerantes e *E. coli* presentes no efluente e no solo, contaminaram os frutos, mas em níveis aceitáveis para o consumo. Acrescentam ainda que os métodos de irrigação contribuam para a contaminação dos produtos; aconselha-se, neste caso, a irrigação subsuperficial e localizada, uma vez que, mesmo havendo a possibilidade de risco de contato direto dos trabalhadores com o efluente, este sistema é o de menor risco de contaminação.

Souza et al. (2005), ao irrigar um cultivo de alface com água de poço, as alfaces produzidas com água de poço sem adubação, água de poço com adubação e água residuária de uma lagoa de estabilização em Lagoa Seca-PB, constatou que as concentrações de *Escherichia coli* nas alfaces variaram de  $3,60 \times 10^2$  NMP (/100g) a  $9,36 \times 10^4$  NMP (/100g), valores inferiores de coliformes termotolerantes aos estabelecidos pela Resolução ANVISA nº12, de 02 de janeiro de 2001, que determina o máximo de 100 coliformes por grama de hortaliça fresca e consumida crua.

Baumgartner et al. (2007) ao irrigar alface com cinco tratamentos constituídos pelas irrigações com água de poço escavado mais adubação suplementar (T1), efluente de um viveiro de cultivo semi-intensivo de Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), alimentada com ração (T2), efluente de uma lagoa de estabilização de dejetos suíno, diluído 1:65 (T3) e efluente de uma lagoa de produção de algas, alimentada com resíduo de um biodigestor de dejetos suíno, diluído 1:5 (T4), a análise microbiológica demonstrou que, em todos os tratamentos, ocorreu contaminação de coliformes fecais e totais, sendo mais pronunciados em T3 e T4; e nenhuma contaminação por *Escherichia coli*.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 DESCRIÇÃO DO ASSENTAMENTO DE CANUDOS

Este trabalho de tese foi realizado na Agrovila Canudos, distante 23 quilômetros do município de Ceará-Mirim-(RN). Essa agrovila faz parte do assentamento Rosário, onde 40 famílias vivem das atividades de agricultura, pecuária e piscicultura.

O município de Ceará-Mirim situa-se na mesorregião Leste Potiguar e na microrregião Macaíba, limitando-se com os municípios de Barra de Maxaranguape, São Gonçalo do Amarante, Ielmo Marinho, Taipu e com Extremoz e o Oceano Atlântico. Abrangendo uma área de 726 km<sup>2</sup>, equivalente a 1,40% da superfície estadual.

Canudos tem 11 anos de fundação e ocupa uma área de 1.622 ha, da qual 20% é destinada para reserva florestal. As principais atividades desenvolvidas na agrovila são: o mamão papaya em 7,5 ha; a banana pacovan em outros 7,5 ha; a piscicultura distribuídas em 06 tanques que produzem 20.400 kg por ciclo de seis meses, e recentemente foi implantado o cultivo do gergelim BRS Seda em 0,5 ha. Aspectos dessas atividades são mostrados na figura 3.1.

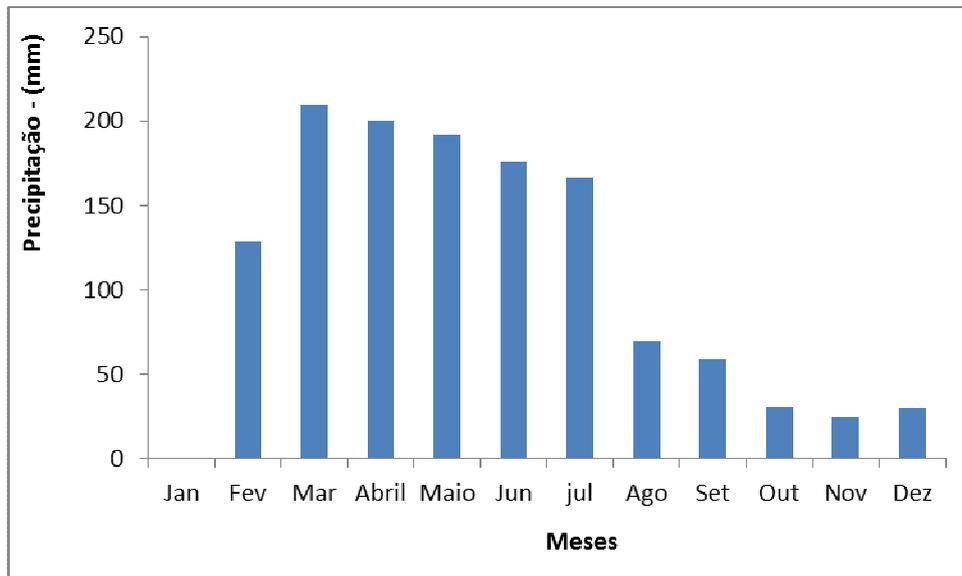
**Figura 3.1** – principais atividades desenvolvidas na Agrovila de Canudos, Ceará-Mirim-RN



### 3.2 DESCRIÇÃO E LOCALIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL

A pesquisa foi do tipo experimental de campo. Os experimentos foram realizados na agrovila de Canudos, situada nas coordenadas geográficas latitude 5°28'S e longitude 36°25'W, altitude média de 44 m. A climatologia da região apresenta as seguintes médias anuais: precipitação = 1.535 mm; evapotranspiração potencial = 1.700 mm; temperatura do ar = 25,3° C; insolação anual = 2.700 horas; umidade relativa do ar = 79% (BRASIL, 2005). A classificação do clima, segundo Thornthwaite e Matter (1957) é do tipo  $C_1A'Sa'$ : seco, subúmido e megatérmico, com período chuvoso nos meses de março, abril e maio. Os valores médios das precipitações no município de Ceará-Mirim (RN), foram calculados através de uma série histórica de 30 anos. Esses valores são mostrados na figura 3.2.

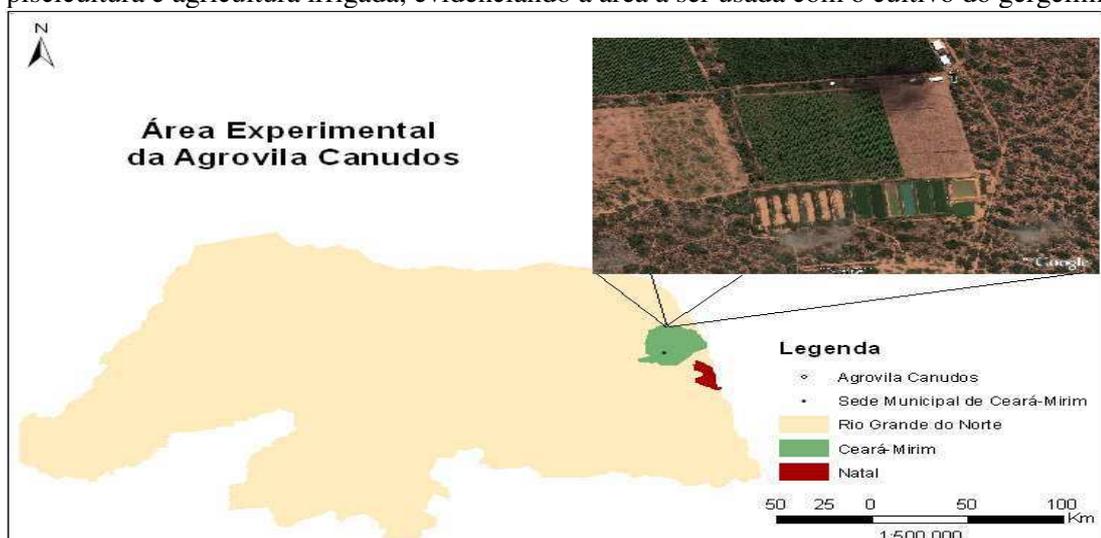
**Figura 3.2** – Precipitação dos últimos 30 anos, em Ceará-Mirim (RN)



Fonte: CPTEC, 2013

O assentamento Rosário está localizado no município de Ceará-Mirim, nordeste do estado do Rio Grande do Norte é constituído por duas agrovilas, denominadas Rosário e Canudos. A área disponível para uso dos assentados na Agrovila de Canudos, excluídas as áreas de reserva, é 994 hectares. O tamanho médio disponível para cultivo, por família, é de 8,28 hectares. A Agrovila de Canudos situa-se a 23 km da cidade de Ceará-Mirim (RN). Nela vivem 40 famílias, cujas atividades são agricultura, pecuária e piscicultura. As figuras 3.3 e 3.4 mostram a localização geográfica da Agrovila de Canudos e o local onde foi plantado o gergelim.

**Figura 3.3** - Visualização da área da Agrovila de Canudos, Ceará-Mirim/RN utilizada com piscicultura e agricultura irrigada, evidenciando a área a ser usada com o cultivo do gergelim



**Figura 3.4-**Detalhe da área onde foram plantados o gergelim



**Figura 3.5-**Tanque do rejeito das águas da piscicultura em Canudos, com detalhe da colocação de uma tela para evitar obstrução da tubulação



### 3.3 EXPERIMENTO DE CAMPO

O experimento de campo foi realizado em uma área de 0,5 ha, dos quais, em 0,25 ha o gergelim foi irrigado com água do lençol freático e, em 0,25 ha com água do rejeito dos tanques de piscicultura, no período chuvoso e no período seco. O sistema utilizado para irrigação com água do lençol freático foi localizado, do tipo gotejamento, e a vazão dos gotejadores era de 1,0 L/h. Na linha principal, foi utilizada uma tubulação de 50 mm e, nas linhas secundárias, mangueiras de polietileno de 12 mm. O manejo de irrigação foi realizado, periodicamente, com turno de rega de 01 dia. Antes da semeadura, foi efetuada uma irrigação em toda a área para levar o solo à capacidade de campo; após a semeadura, foi aplicada diariamente, uma irrigação com pequena lâmina, em torno de 5 mm/dia, para assegurar uma boa germinação das sementes. A irrigação na área do rejeito foi feita por aspersores da marca Agropolo NY25, cuja pressão de serviço é igual a 20 mca, precipitação de 5 mm/h, com diâmetro do bocal de 5,20 mm x 3,40 mm e alcance máximo de 18 m. Para o acompanhamento do nível de umidade do solo foram instalados dois tensiômetros (Figura 3.7) para cada ciclo de cultivo, distribuídos por toda a área, visando-se a uma melhor representatividade. Esses instrumentos foram colocados nas profundidades de 10 cm e 20 cm onde se encontra a maior parte das raízes efetivas na absorção da água pela cultura do gergelim. Com leituras realizadas a diferentes profundidades, é possível identificar se o solo está suficientemente seco, para reinício das irrigações, ou suficientemente úmido, para interrompê-la. De acordo com Marouelli (2008), geralmente quando o tensiômetro indica uma pressão de 20 a 60 cbar, o teor de água no solo é adequado à maioria das culturas.

**Figura 3.6** - Tensiômetro com escala graduada para monitorar a irrigação



Antes da sementeira, um trator fez a escarificação do solo e duas gradagens cruzadas, utilizando-se uma grade niveladora. Em seguida, foi realizada a abertura de sulcos e a sementeira do gergelim. O grão do gergelim foi semeado com uma distância de 70 cm entre linhas e de 15 cm entre plantas, e a uma profundidade média de 2 cm. O desbaste foi realizado em duas etapas: a primeira quando as plantas estavam com 4 folhas (pré-desbaste), e a segunda quando estavam com 15 cm de altura (desbaste definitivo). A densidade de foi de 95.240 plantas por hectare.

Depois da adubação o solo foi irrigado até se encontrar na capacidade de campo. A adubação química de fundação foi realizada conforme análise do solo com as seguintes quantidades: 100 Kg de sulfato de amônio, 31 Kg de MAP, 60 Kg de sulfato de potássio, recomendada mediante análise do solo. Depois de trinta dias será utilizada uma adubação de cobertura com mais 100 Kg de nitrogênio em forma de sulfato de amônio. Plântulas do gergelim aos 15 dias (figura 3.7).

**Figura 3.7-** Plântulas do gergelim aos 15 dias na Agrovila de Canudos, nos dois locais do plantio



O tipo de solo da área experimental é areia quartzosa distrófica. As análises de fertilidade do solo foram realizadas pela Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte (EMPARN) e os valores médios da análise textural e físico-química de 0 a 20 cm se encontram na tabela 3.1.

**Tabela 3.1** – Parâmetros físico-químicos e textural dos solos de Canudos

Parâmetros	Unidade	Valor médio
pH em água	-	7,24
Cálcio	( $\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$ )	1,96
Magnésio	( $\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$ )	0,63
Alumínio	( $\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$ )	0,00
Hidrogênio + Alumínio	( $\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$ )	0,00
Fósforo	( $\text{mg}.\text{dm}^{-3}$ )	94,00
Potássio	( $\text{mg}.\text{dm}^{-3}$ )	68,00
Sódio	( $\text{mg}.\text{dm}^{-3}$ )	15,00
Ferro	( $\text{mg}.\text{dm}^{-3}$ )	25,36
Zinco	( $\text{mg}.\text{dm}^{-3}$ )	6,76
Cobre	( $\text{mg}.\text{dm}^{-3}$ )	2,82
Manganês	( $\text{mg}.\text{dm}^{-3}$ )	7,92
Nitrogênio	( $\text{mg}.\text{dm}^{-3}$ )	0,40
Densidade Global	( $\text{kg}.\text{dm}^{-3}$ )	1,55
Capacidade de campo	$\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$	2,18
Ponto de murcha permanente	$\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$	1,40
Areia	$\text{g}.\text{kg}^{-1}$	931
Argila	$\text{g}.\text{kg}^{-1}$	60
Silte	$\text{g}.\text{kg}^{-1}$	09

Considerando à análise do solo, a adubação de fundação utilizou esterco de caprino, na proporção de  $5 \text{ m}^3$  por hectare, enquanto na adubação química de fundação, foram utilizados: 50 kg de sulfato de amônio, 31 kg de fosfato monoatômico (MAP), 60 kg de sulfato de potássio e 20 kg de FTE BR8. Trinta dias após a semeadura, foi utilizada uma adubação de cobertura, com mais 50 kg de nitrogênio em forma de sulfato de amônio.

**Figura 3.8** – Solo sucado e adubado em Canudos, para produção do Gergelim BRS Seda com água do lençol freático

A diferença entre crescimento e desenvolvimento de uma planta de gergelim pode ser observada nas figuras 3.9a e 3.9b.

Figura 3.9 a – crescimento vegetativo



Figura 3.9 b – desenvolvimento vegetativo



A cultura gergelim foi irrigada com água subterrânea e com a água proveniente e do rejeito dos tanques de piscicultura. Suas características estão apresentadas na tabela 3.2.

**Tabela 3.2** – Características das águas de irrigação

<b>Parâmetro</b>	<b>Água subterrânea</b>	<b>Água do rejeito</b>
<b>pH</b>	6,05	6,60
<b>Condutividade elétrica ( dS.m<sup>-1</sup> )</b>	0,07	0,10
<b>RAS ( mmol.L<sup>-1</sup> )<sup>0,5</sup></b>	0,85	1,25
<b>Coliformes termotolerantes ( NMP/100mL )</b>	0,0	50

Fez-se capina manual, usando-se enxada, durante os primeiros 45 dias após a emergência das plântulas, com o mínimo de duas capinas ao longo do ciclo, visando-se manter a lavoura livre de plantas daninhas e de insetos.

### 3.4 COLETA DO MATERIAL DO SOLO EM CAMPO

Para amostragem do solo em campo, foi utilizado um sistema em forma de Z, retirando-se amostras do solo na profundidade de 10 cm a 20 cm, com um trado de aço ( $\Phi=50$  mm). Para cada coleta, foram retiradas dez amostras do solo, as quais foram misturadas para se obter uma amostra composta. O solo foi classificado quanto a textura, características físico-

hídricas, pH, capacidade de campo, ponto de murcha permanente e densidade aparente, e foi feita a determinação dos macronutrientes ( N, P, K), Ca, Mg, S e os micronutrientes B, Fe, Zn, Mg e Mn. As análises foram realizadas pela Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte ( EMPARN ).

### 3.5 DAS ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICA E BACTERIOLÓGICA

Foram realizadas as análises físico-química e bacteriológica das águas subterrânea lençol freático e do rejeito, com frequência mensal, de acordo com os principais parâmetros utilizados para agricultura. A tabela 3.3 destaca as variáveis analisadas com a respectiva técnica utilizada em laboratório.

**Tabela 3.3** – Variáveis analisadas na qualidade da água

PARÂMETROS	UNID	TÉCNICA UTILIZADA
Condutividade Elétrica	ds/m	Potenciometria
Turbidez	NTU	Turbidimetria
pH	ND	Potenciometria
Sólidos totais a 105°C	mg/L	Gravimetria
Sólidos Totais dissolvidos	mg/L	Gravimetria
Sólidos em suspensão	mg/L	Gravimetria
Alcalinidade total	mg/L	Titulometria
Alcalinidade a hidróxidos	mg/L	Titulometria
Alcalinidade a carbonatos	mg/L	Titulometria
Alcalinidade a bicarbonatos	mg/L	Titulometria
Dureza total	mg/L	Titulometria
Nitrogênio amoniacal	mg/L	Colorimetria
Nitrato	mg/L	Colorimetria
Nítrito	mg/L	Colorimetria
Cálcio	mg/L Ca <sup>2+</sup>	Titulometria
Magnésio	mg/L Mg <sup>2+</sup>	Titulometria
Sódio	mg/L Na <sup>+</sup>	Fotometria de chama
Potássio	mg/L	Fotometria de chama
Ferro dissolvido	mg/L	Colorimetria
Carbonato	mg/L	Titulometria
Bicarbonato	mg/L	Titulometria
Sulfato	mg/L	Turbidimetria
Cloreto	mg/L	Titulometria
Nitrogênio total	mg.L <sup>-1</sup> N	Titulometria
Fósforo total	mg.L <sup>-1</sup> P	Colorimetria
DBO5	mg.L <sup>-1</sup> O <sub>2</sub>	Winkler-Azida
DQO	mg.L <sup>-1</sup> O <sub>2</sub>	Refluxo Fechado
Coliformes termotolerantes	NMP/100Ml	NMP/100mL
RAS <sup>0</sup> -Corrigida	(mmol.L <sup>-1</sup> ) <sup>0,5</sup>	Calculada

### 3.6 CULTIVAR UTILIZADA

A cultura utilizada no experimento foi o gergelim de cor branca, denominado BRS Seda, desenvolvido pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA Algodão) em 2007, e cujas principais características são: ciclo de 85 a 89 dias, início da floração aos 35 dias, produtividade média de 1.000 kg/ha, teor de óleo entre 50 e 53%, tolerância a seca e resistência às principais doenças da cultura (BRASIL, 2007). A figura 3.10 é uma fotografia do gergelim BRS Seda na fase de floração e enchimento dos grãos.

**Figura 3.10** – Fotografia do gergelim BRS Seda, no estágio de floração, com as cápsulas em período de formação.



### 3.7 ANÁLISES DE CRESCIMENTO E DESENVOLVIMENTO DO GERGELIM BRS SEDA

Foi efetuada análise de crescimento da cultura visando-se obter a resposta fisiológica. Magalhães (1979) define essa análise como um método descritivo das condições morfofisiológicas, o qual estuda a dinâmica da produção fotossintética. Para Benincasa (1988), a análise de crescimento baseia-se, fundamentalmente, no fato de que 90% da matéria seca acumulada pelas plantas ao longo do crescimento resultam da atividade fotossintética.

A cada 15 dias, foi realizada uma amostragem com 20 plantas, anteriormente selecionadas e representativas da população da parcela. Foram coletados dados para realização da análise de crescimento não destrutiva, que compreendeu as seguintes variáveis:

*Altura média de plantas* – A amostragem foi realizada em 20 plantas, com intervalo de 15 dias entre as medições. A altura da planta corresponde à distância entre a superfície do solo e a extremidade superior da haste principal;

*Diâmetro caulinar* – De modo semelhante, as amostragens foram efetuadas determinando-se o diâmetro do caule da planta a 4 cm do solo, utilizando-se um paquímetro metálico, com precisão de 0,1 mm.

*Área foliar da planta* – A área foliar das plantas foi estimada em conformidade com a equação 3.1, de acordo com o estabelecido por Silva et al. (2002).

$$AF = 0,7 \times C \times L \quad (3.1)$$

Sendo: C o comprimento da nervura principal da folha do gergelim (cm), L a largura da folha, e AF a área da folha do gergelim, em cm<sup>2</sup>. A área foliar da planta foi estimada a partir da seguinte equação:

$$AFP = \sum_{i=1}^n AF_i \quad (3.2)$$

Onde: AFP é a área foliar da planta (cm<sup>2</sup>), e n é o número de folhas.

Simultaneamente, foram realizadas as coletas para análises de crescimento destrutivas de cada parcela, em cada tratamento, sendo amostradas 5 plantas de tamanho representativo da população. Esse material coletado foi fracionado em caule, folha e raiz e pesado em balança eletrônica com precisão de 0,01 g. Depois de pesadas, as amostras foram acondicionadas em sacos de papel e colocadas em uma estufa de circulação forçada, com temperatura de aproximadamente 75<sup>0</sup>C, aí permanecendo por no mínimo 24 horas, ou até a amostra atingirem o peso constante, para se assegurar a obtenção do peso seco real. A partir dessa análise, foi efetuado o peso da matéria verde e o da matéria seca ao final do ciclo da cultura.

Além dessas variáveis, no período da colheita, foram realizadas as seguintes determinações:

*Número de cápsulas por planta* – foi realizada a contagem direta, de forma aleatória, com 20 plantas no período da colheita, em seguida, calculou-se a média aritmética;

*Peso médio de grãos por planta* – foi aferido, de forma aleatória, com 20 plantas, as quais foram cortadas e deixadas para secar por 7 dias, em seguida procedendo-se à batedura em

uma lona plástica e à limpeza dos grãos, para a pesagem e posterior determinação da média aritmética;

*Peso de mil sementes* – foram pesadas 4 amostras de mil sementes e, em seguida, foram colocadas em uma estufa a 105<sup>0</sup>C, por um período de 24 horas, até atingir o peso constante.

### 3.8 EFICIÊNCIA ECONÔMICA DO GERGELIM, CULTIVAR BRS SEDA

A eficiência econômica foi obtida com base no cálculo da relação benefício/custo (RBC) de cada um dos tratamentos testados, e a taxa marginal de retorno (TMR) obtida a partir da aplicação dos diferentes tratamentos utilizados na irrigação do gergelim, cultivar BRS Seda.

Para realização da análise física e econômica da produção, foram coletadas as informações referentes a quantidade e custo dos insumos, custo da mão de obra utilizada e custo com a energia. Para isso, foram obtidas as seguintes variáveis:  $P_i$  – preço unitário de venda da semente do gergelim (R\$.kg<sup>-1</sup>);  $PD_i$  – Produção obtida com cada tratamento em (kg.ha<sup>-1</sup>);  $CT_i$  – Custo total em cada tratamento (R\$.ha<sup>-1</sup>);  $RB_i$  – Renda bruta auferida para cada tratamento (R\$.ha<sup>-1</sup>);  $RL_i$  – Renda líquida obtida por cada tratamento (R\$.ha<sup>-1</sup>); RBC – Relação benefício custo; TMR – Taxa marginal de retorno.

O custo total correspondeu a todos os custos de produção, ou seja: custos com insumos somados aos custos com mão de obra e os custos com energia, que variaram em função dos experimentos realizados. Portanto, o custo total foi determinado a partir da seguinte expressão:

$$CT = C_{INS} + C_{MO} + C_{EN}, \quad (3.3)$$

onde:  $C_{INS}$  corresponde ao custo dos insumos utilizados;  $C_{MO}$ , ao custo com mão-de-obra,  $C_{EN}$  ao custo com energia gasta no processo.

O valor do custo com energia foi calculado pela expressão  $E = P.t.f$  em que  $P$  é a potência da bomba instalada e  $t$  é o tempo em que o sistema funcionou durante todo o ciclo da cultura e  $f$  é um fator que depende do preço de energia cobrado pela concessionária, relativo ao bombeamento da água para irrigar um hectare, com o sistema de irrigação instalado.

Com base nestes parâmetros, foram calculadas a renda bruta ( $RB_i$ ) e a renda líquida ( $RL_i$ ) para cada um dos tratamentos estudados, utilizando-se as seguintes expressões:

Para renda bruta:

$$RB_i = P_i \cdot PD_i \quad (3.4)$$

Para renda líquida:

$$RL_i = RB_i - CT_i \quad (3.5)$$

A relação benefício/custo (RBC), resultante da razão entre os benefícios auferidos pelo sistema de produção e o custo total do sistema, é dada pela expressão:

$$RBC_i = \frac{RB_i}{CT_i} \quad (3.6)$$

Com relação à taxa marginal de retorno (TMR), dada em percentagem, pode ser definida pela relação entre a diferença de renda líquida (RLi) auferida entre dois tratamentos em relação ao custo dependente dos tratamentos (CDT) entre dois tratamentos testados, pode ser determinada pela equação:

$$TMR_i = RL_i / CDT_i \quad (3.7)$$

### 3.9 - DO PERFIL SÓCIOECONÔMICO DOS ASSENTADOS

A coleta dos dados para traçar o perfil sócio-econômico dos assentados será feita por meio de questionário de acordo com o apêndice A. O questionário deverá apresentar perguntas abertas e ou perguntas fechadas, às 40 famílias da Agrovila de Canudos, constituindo-se assim, em uma pesquisa de campo, quantitativa, não probabilística, obtida através de dados primários.

O questionário teve por objetivo pesquisar o perfil dos assentados, no que se refere a organização social, a renda familiar, o grau de escolaridade, o acesso a rede de abastecimento de água, ao tratamento de esgotos, as atividades desenvolvidas na Agrovila, dentre outras questões.

### 3.10 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados obtidos no experimento foram expressos em média, desvio padrão e coeficiente de correlação. Para análise estatística foi utilizado o Excel 7.0.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 RESULTADOS FÍSICO-QUÍMICOS E BACTERIOLÓGICOS NA ÁGUA SUBTERRÂNEA E NA ÁGUA DO REJEITO DOS TANQUES DE PISCICULTURA

A água desempenha um papel de fundamental importância para os cultivos irrigados. Os valores médios das amostras na água do lençol freático e na água do rejeito são mostrados na Tabela 4.1. Todos os parâmetros se encontram dentro da faixa estabelecida por Ayres e Westcot (1991).

Tabela 4.1 – Valores médios dos principais parâmetros físico-químico e bacteriológico na água do lençol freático e na água do rejeito ao longo dos experimentos

Parâmetros	Unidade	Água do lençol Freático	Água do Rejeito
Condutividade Elétrica	dS.m <sup>-1</sup>	0,07	0,10
pH	ND	6,05	6,66
Cálcio	mg.L <sup>-1</sup> Ca <sup>2+</sup>	2,78	6,36
Magnésio	mg.L <sup>-1</sup> Mg <sup>2+</sup>	0,58	4,46
Sódio	mg.L <sup>-1</sup>	5,60	16,20
RAS <sup>0</sup>	(mmol.L <sup>-1</sup> ) <sup>0,5</sup>	0,85	1,25
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	0,00	50,00
Nitrogênio Total	mg.L <sup>-1</sup> N	0,25	4,48
Fósforo Total	mg.L <sup>-1</sup> P	0,16	11,27
Potássio K <sup>+</sup>	mg.L <sup>-1</sup> K <sup>+</sup>	0,20	6,70
DBO5	mg.L <sup>-1</sup> O <sub>2</sub>	0,45	15,42
DQO	mg.L <sup>-1</sup> O <sub>2</sub>	0,0	142,86
Carbonato	mg.L <sup>-1</sup>	0,0	0,0
Bicarbonato	mg.L <sup>-1</sup>	21,52	95,64
Dureza Total	mg.L <sup>-1</sup>	9,26	34,13
Sólidos Totais a 105 C	mg/L	64,00	86,00
Sólidos Totais Dissolvidos	mg/L	56,00	79,00
Sólidos em suspensão	mg/L	26,00	59,00
Alcalinidade Total	mg/L CaCO <sub>3</sub>	17,64	77,32
Alcalinidade a Hidróxido	mg/L CaCO <sub>3</sub>	0,0	77,62
Alcalinidade a Carbonatos	mg/L CaCO <sub>3</sub>	0,0	0,0
Alcalinidade a Bicarbonatos	mg/L CaCO <sub>3</sub>	0,24	17,64
Dureza total	mg/LCaCO <sub>3</sub>	9,26	34,13
Nitrogênio Total	mg/L N	0,25	4,28
Nitrato	mg/L N	0,02	0,04
Nitrito	mg/L N	0,00	0,008
Turbidez	NTU	0,50	26,30
Ferro Dissolvido	mg/L Fe <sup>2+</sup>	0,01	1,25
Sulfato	mg/l SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	0,31	3,58
Cloreto	mg/l CL <sup>-</sup>	10,80	16,31

Em relação aos coliformes termotolerantes a média geométrica nesse experimento foi de 50 NMP/100 mL valor abaixo do recomendado pela OMS que é de no máximo 1.000 coliformes por 100 mL, esse valor é inferior aos encontrados por Barbosa et al. (2002), que avaliaram os níveis de coliformes presentes em água de poço e dois tanques de piscicultura com média (2 peixes/m<sup>2</sup>) e alta (10 peixes/m<sup>2</sup>) estocagem de tilápia, e verificou que os níveis de coliformes totais e fecais das águas foram respectivamente de 170 NMP/100 mL e de 80 NMP/100 mL.

Souza et al. (2006), ao realizar análises microbiológicas no pimentão com águas residuárias demonstraram que coliformes termotolerantes e *E. coli* presentes no efluente e no solo, contaminaram os frutos, mas em níveis aceitáveis para o consumo. Acrescentam ainda que os métodos de irrigação por aspersão contribuam para a contaminação dos produtos; aconselha-se, neste caso, a irrigação subsuperficial e localizada, uma vez que, mesmo havendo a possibilidade de risco de contato direto dos trabalhadores com o efluente, este sistema é o de menor risco de contaminação.

A demanda Bioquímica de oxigênio (DBO<sub>5</sub>) é o parâmetro de contaminação orgânico mais amplamente empregado tanto em águas residuárias quanto em águas superficiais. Sua determinação está relacionada com a medida de oxigênio dissolvido consumida pelos microorganismos no processo de oxidação bioquímica da matéria orgânica (METCALF; EDDY, 1995). Na água do rejeito dos tanques de piscicultura, a DBO<sub>5</sub> representou 5% do valor usual das águas residuárias dos esgotos domésticos que é de 300mg/L, enquanto que a demanda química de oxigênio na água do rejeito teve um valor médio de 142,86. Esse fato, do valor da DQO ser bem mais elevado que o da DBO<sub>5</sub> está relacionado aos produtos químicos que são utilizados na alimentação dos peixes dos tanques de piscicultura a base de cálcio, fósforo e magnésio.

Quanto ao pH, a água do rejeito se apresenta mais para neutralidade que a água do lençol freático, sendo portanto uma água que está dentro da faixa exigida para agricultura que é de 6,5 a 9,0.

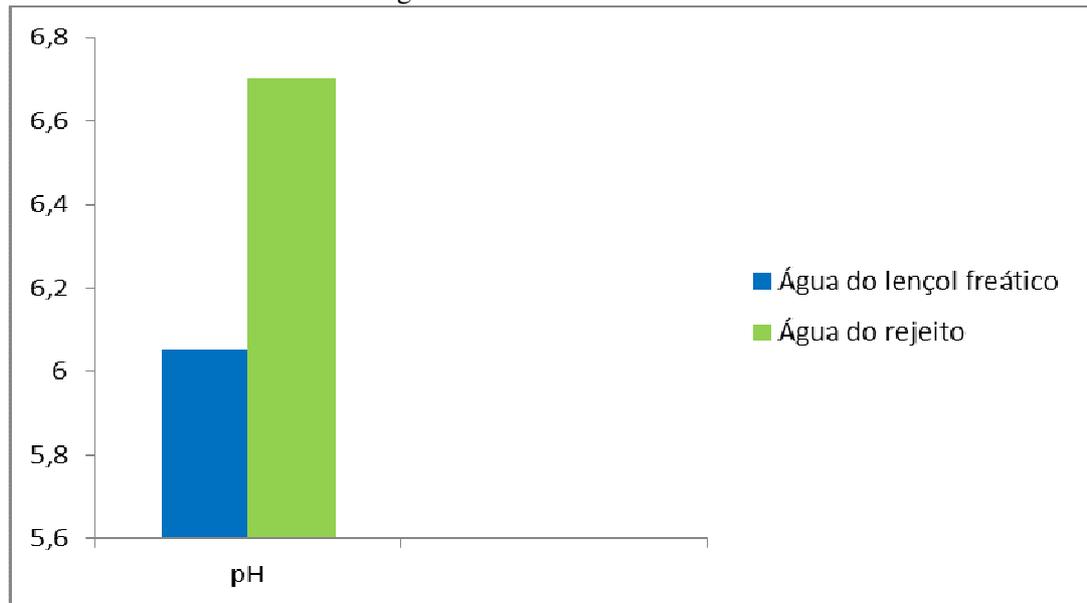
A relação de adsorção de sódio corrigida (RAS<sup>0</sup>) foi calculada através da equação 4.1:

$$RAS^0 = \frac{Na^+}{\sqrt{\frac{Ca^{2+} + Mg^{2+}}{2}}} \quad (4.1)$$

Para se determinar o valor do cálcio corrigido é necessário determinar a razão entre o valor do bicarbonato de cálcio e da condutividade elétrica da água. De posse desses valores entra-se com os valores para água do lençol freático e para a água do rejeito sendo calculados

pela equação 4.1, tendo encontrados os valores de 1,55 e 2,65 respectivamente. Esses resultados, se enquadram em águas de baixa relação de adsorção de sódio, portanto se classificam em S1. Os valores do pH nas duas águas de irrigação são vistas através da figura 4.1.

**Figura 4.1** – Comparação do pH nas duas águas utilizadas para irrigação do gergelim, na Agrovila de Canudos



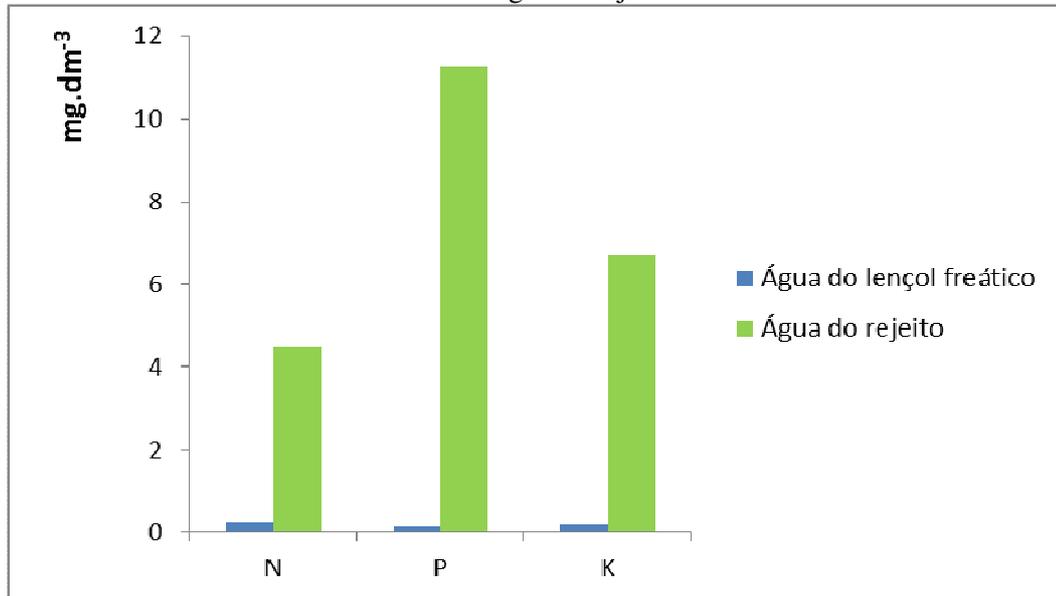
Com relação à condutividade elétrica a água do lençol e a água do rejeito, são respectivamente iguais a média de  $0,073 \text{ dS.m}^{-1}$  e  $0,86 \text{ dS.m}^{-1}$  ambas são valores muito baixos, sendo enquadrados como C1, sem restrição alguma de uso para qualquer tipo de solo e qualquer tipo de cultura, com probabilidade mínima de salinização para qualquer tipo de solo.

Quanto à toxicidade dos íons, em relação ao cloreto e o sódio a norma estabelece os valores máximos permissíveis. Os resultados demonstram que para os dois tipos de água os valores do sódio e do cloreto estão bem abaixo dos valores recomendáveis, portanto a água do lençol e a água do rejeito dos tanques de piscicultura, ambas se enquadram como T1. Portanto, as águas utilizadas para irrigação do gergelim BRS Seda são classificadas como C1S1T1.

Em termos dos principais macronutrientes, são observados na figura 4.2 os valores de nitrogênio, fósforo e potássio iguais a 4,28, 11,27 e 6,70 na água do rejeito, enquanto para a água do lençol freático os valores são 0,25, 0,16 e 0,20, valores inferiores a água do rejeito. Dessa forma o material orgânico proveniente da adição de fertilizantes, excreção e restos de ração não consumidos pelos peixes, por serem compostos nitrogenados e fosfatados e se

encontrarem diluídos no meio aquático, contribuem para aumento nos teores desses macroelementos. Daí a explicação, porque as plantas se desenvolveram e produziram mais quando irrigados com as águas do rejeito dos tanques de piscicultura.

**Figura 4.2** – Comparação entre os macronutrientes (N, P, K) contidos na água do lençol freático e na água do rejeito



Os resultados encontrados nessa pesquisa, diferem dos encontrados por Hussar et al 2003, que irrigando alface com águas dos tanques de piscicultura, encontrou valores iguais a 20,00 mg.dm<sup>-3</sup>, 8,20 mg.dm<sup>-3</sup> e 33,33 mg.dm<sup>-3</sup> para nitrogênio, fósforo e potássio respectivamente.

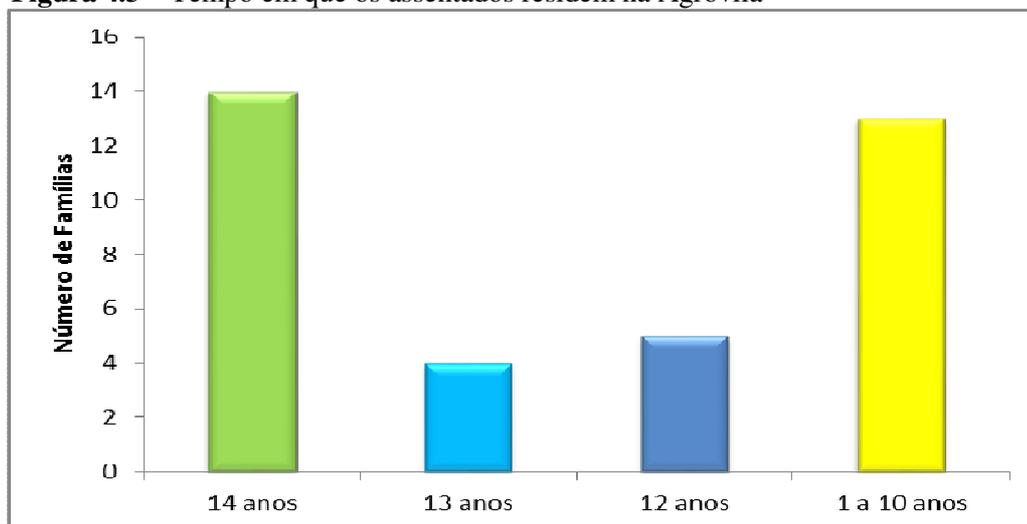
#### 4.2 DO PERFIL SOCIOECONÔMICO

Foram realizadas 25 questões através de um questionário às 40 famílias dos assentamentos, com retorno de 90%. Das 40 famílias assentadas, apenas 16 faz parte da cooperativa de Canudos (COOPEC) que trabalham de forma coletiva.

Vamos traduzir as respostas que consideramos as mais importantes para o entendimento das questões referentes a organização social, grau de instrução, as atividades desenvolvidas pela comunidade, a infra-estrutura e os aspectos econômicos, dentre outras.

Quando perguntados há quanto tempo residem no assentamento à resposta está visualizada na Figura 4.3.

**Figura 4.3** – Tempo em que os assentados residem na Agrovila



Os dados do gráfico demonstra que o assentamento de Canudos 40% das pessoas estão morando desde a sua fundação, em 1998. Enquanto 25% dos assentados estão morando entre 12 e 13 anos, perfazendo um total de 65% do total. Esses valores demonstram que a Agrovila de Canudos, representam uma identidade para seus moradores.

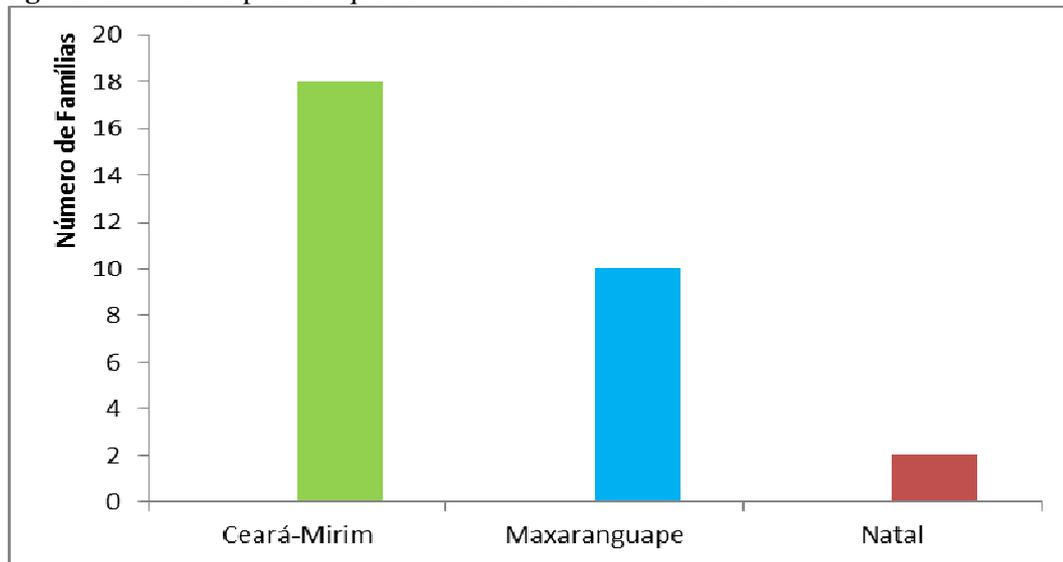
De acordo com os assentados as atividades praticadas antes de se instalar em Canudos, estão especificadas na Figura 4.4. Isso mostra que antes de se instalar em Canudos 60% já praticavam a agricultura, que é a sua principal atividade econômica.

**Figura 4.4** – Atividade praticada pelo chefe de família antes de se instalar em Canudos



No que se refere a questão educacional, todos os estudantes freqüentam as escolas das cidades vizinhas e são transportados por ônibus do município de Ceará-Mirim, Barra de Maxaranguape e Natal. Das pessoas com idade escolar que vivem no assentamento, 89% freqüentam a escola nos municípios de Ceará-Mirim, Barra de Maxaranguape e Natal de acordo com a Figura 4.5. Atualmente estão sendo oferecidos dois cursos de atualização profissional para os adultos, um na área de irrigação e outro de aquicultura, através do Pronatec.

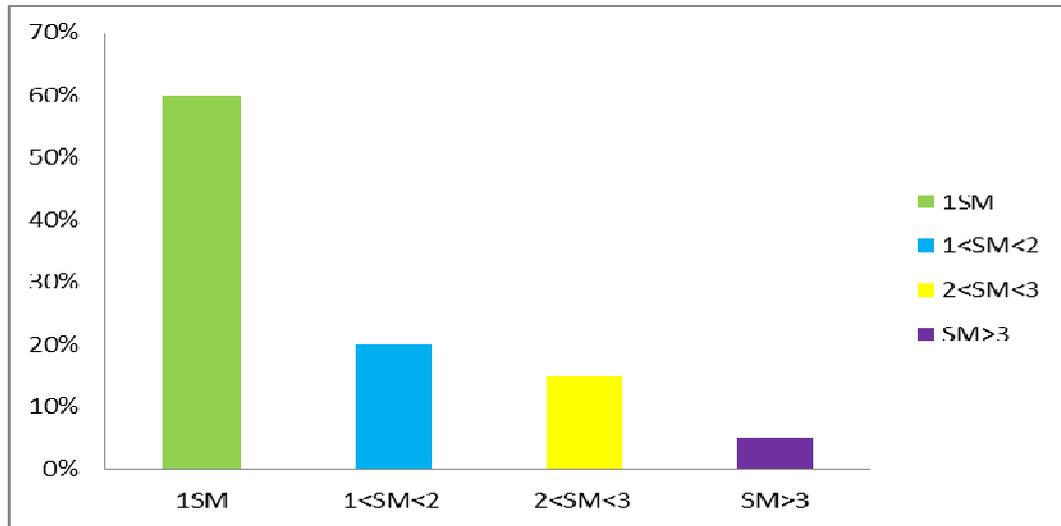
**Figura 4.5** – Municípios em que os filhos dos assentados estudam



Dentre as famílias assentadas 90% afirmaram que não tinha lazer antes do assentamento, e depois de assentados, 95% afirmam ter tempo para alguma atividade de lazer que em Canudos, de acordo com a pesquisa, se restringe ao futebol, banho de rio e missa.

A pesquisa revelou que em relação à renda familiar, 60% ganham até um salário mínimo, 20% recebem de 1 até 2 salários mínimos, 15% recebem entre 2 e 3 salários mínimo e 5% ganham mais de três salários mínimos (figura 4.6).

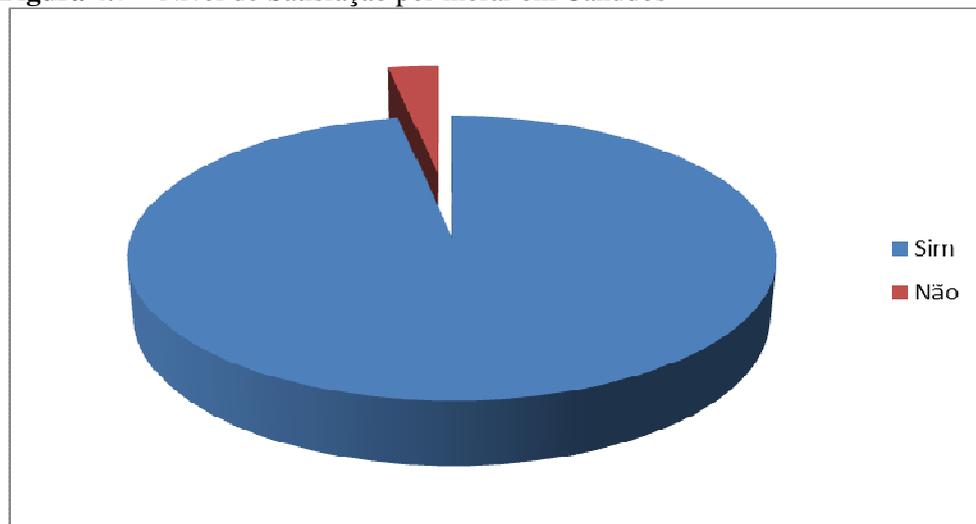
**Figura 4.6** – Número de Salários Mínimos recebidos pelos assentados na Agrovila de Canudos, em Ceará-Mirim-RN



Depois de assentadas às famílias conseguiram ter acesso a bens que antes seriam incompatíveis com a sua renda, 100% adquiriram geladeira, televisão e 60% adquiriram antena parabólica. Quanto aos meios de transporte o destaque no assentamento é para aquisição de motocicletas, adquirida por cerca de 50% dos assentados.

Quando as famílias foram questionadas sobre a moradia, houve outro avanço, 100% das famílias possuem casa própria, de alvenaria, com dois quartos, banheiro, cozinha e área de serviço, e mais de 30%, já fizeram reformas. O nível de satisfação por morar na Agrovila de Canudos é de 97%, de acordo com os dados da pesquisa podem ser observados na figura 4.7.

**Figura 4.7** – Nível de Satisfação por morar em Canudos



### 4.3 ALTERAÇÕES NO SOLO DEVIDO AO REUSO

O nível de fertilidade de um solo depende de sua capacidade de fornecer nutrientes para o desenvolvimento adequado das plantas, influenciado pelas propriedades físicas, químicas e biológicas do solo. Dessa forma, o nível de fertilidade de um solo é avaliado por um conjunto de propriedades químicas: pH, matéria orgânica, nitrogênio, fósforo, potássio, magnésio, cálcio, dentre outros. Em relação às propriedades químicas do solo, a tabela 4.2 estão escritos os valores encontrados no solo natural (S0), ao final da primeira colheita (S90) e ao final da segunda colheita (S180), nos dois ciclos vegetativos. Todos os valores dos micronutrientes estão de acordo com a resolução CONAMA 420/2009.

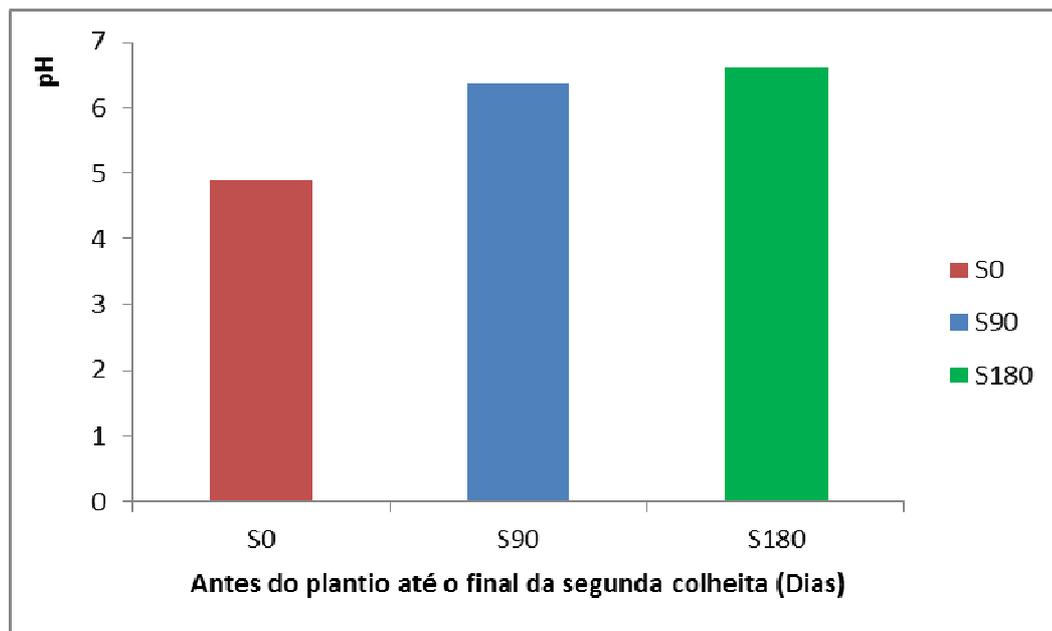
**Tabela 4.2** – Evolução das principais propriedades químicas do solo ao longo do experimento

Parâmetros	Unidade	S0	S90	S180
pH	-	4,90	6,36	6,60
CE	(dS.m <sup>-1</sup> )	0,15	0,32	1,49
MO	(g.dm <sup>-3</sup> )	3,55	7,24	20,48
N	(mg.dm <sup>-3</sup> )	0,24	0,36	0,47
P	(mg.dm <sup>-3</sup> )	1,05	3,00	10,00
K	(mg.dm <sup>-3</sup> )	19,00	27,00	63,00
Ca	(mg.dm <sup>-3</sup> )	0,10	1,32	2,45
Mg	(mg.dm <sup>-3</sup> )	0,06	0,72	1,05
Na	(mg.dm <sup>-3</sup> )	9,00	15,00	29,00
Zn	(mg.dm <sup>-3</sup> )	0,90	1,15	8,19
Mn	(mg.dm <sup>-3</sup> )	2,07	2,87	4,82
Cu	(mg.dm <sup>-3</sup> )	1,71	0,00	0,99
Fe	(mg.dm <sup>-3</sup> )	62,21	28,89	16,61

De acordo com a Figura 4.8, o pH houve uma alteração de 4,9 para 6,36 do início até o final do primeira colheita e de 6,36 para 6,62 depois de mais 90 dias após a primeira colheita, o que evidenciou que a aplicação da água residuária dos tanques de piscicultura, tornou o solo mais próximo da situação ideal que é a neutralidade, que é um valor próximo de 7,0.

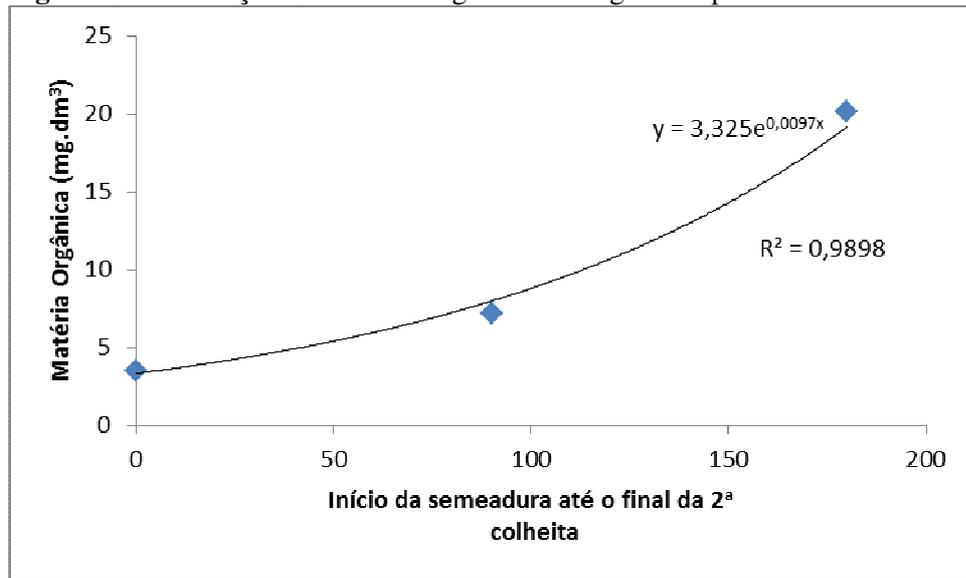
Em relação ao sódio, houve um aumento de 3.2 vezes o valor inicial. Já a condutividade elétrica aumentou quase 10 vezes, depois de 6 meses, atingindo o valor de 1,49. Esse valor está distante de atingir  $4 \text{ dS.m}^{-1}$ , que é o valor limite para solos, no entanto é necessário realizar um monitoramento permanente do solo se esse valor se aproximar do limite máximo.

**Figura 4.8** – Variação do pH ao longo do experimento



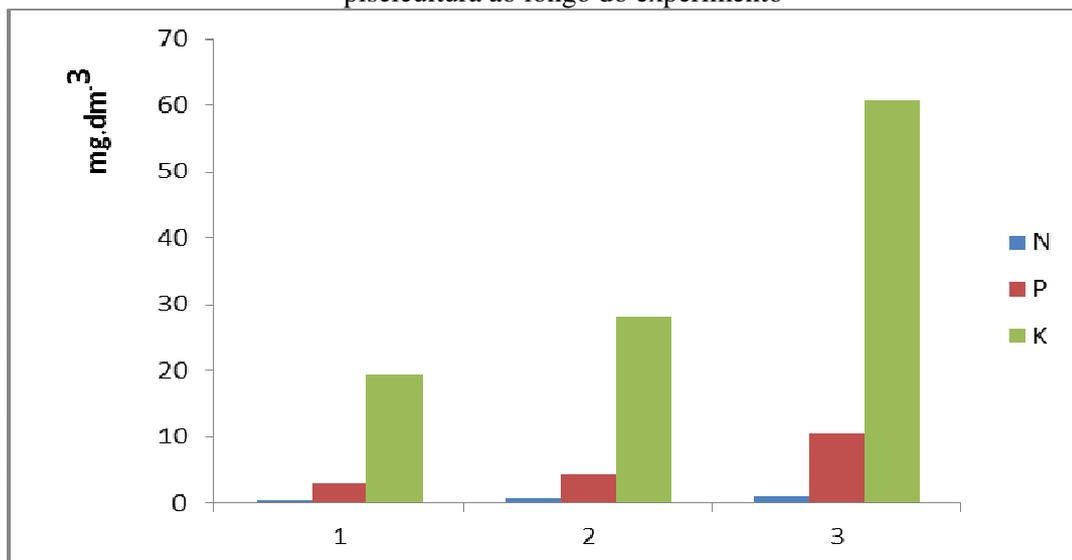
De acordo com a figura 4.9, a matéria orgânica cresceu de forma exponencial no período do experimento. Cabe ressaltar que em solos de regiões tropicais, a matéria orgânica desempenha papel de fundamental importância na fertilidade do solo, além de constituir-se em um elemento de elevada importância para o sucesso das atividades agropecuárias.

**Figura 4.9** – Evolução da Matéria Orgânica ao longo do experimento



Em se tratando de macronutrientes a Figura 4.10, visualiza a variação desde o início até o final dos dois ciclos vegetativos em relação ao nitrogênio, fósforo e potássio. Observa-se, com relação ao fósforo, houve um aumento de 3 vezes em relação ao valor inicial. Esse mineral está presente na dieta dos peixes que são criados nos tanques de piscicultura, na agrovila de Canudos, a uma taxa de 5 g por quilo, enquanto o potássio participa com um valor inferior de 1 a 3 g por kg de peixe (KUBITZA, 1997).

**Figura 4.10** – Variação dos Macronutrientes no solo, irrigados com águas dos tanques de piscicultura ao longo do experimento



#### 4.4 CICLO FENOLÓGICO DO GERGELIM BRS SEDA

O desenvolvimento fenológico relaciona-se às diferentes fases da planta, como germinação, início da floração, diferenciação de folhas, amadurecimento dos frutos etc. O ciclo do *Gergelim BRS Seda* foi dividido em quatro fases em função da ocorrência dos principais processos fisiológicos, conforme Tabela 4.3. A germinação iniciou-se no quarto dia após a sementeira (DAS = 4), tendo-se 100% das plântulas germinadas no 6º dia. A floração teve início no 35º dia após a sementeira (DAS = 35), e todas as plantas estavam floradas aos 45 dias após a sementeira (DAS = 45). A maturação dos frutos, por sua vez, iniciou-se no 75º dia após a sementeira (DAS = 75), terminando aos 90 dias. O ciclo da planta do gergelim da cultivar BRS Seda foi de aproximadamente 90 dias entre a emergência e a maturação dos frutos, de acordo com a figura 4.11. Cabe ressaltar que o florescimento do gergelim irrigado com águas dos tanques de piscicultura foi antecipado em 5 dias, portanto no trigésimo dia, já existiam plantas florescendo, isso ocasionou uma redução no ciclo do cultivo para 85 dias.

**Figura 4.11** – Cultivar do gergelim, BRS Seda, nas fases de desenvolvimento vegetativo aos 15, 30, 60 e 90 dias



**Tabela 4.3** – Ciclo fenológico do Gergelim BRS Seda

<b>Fases do desenvolvimento</b>	<b>Período após emergência (dias)</b>	<b>Dias após a semeadura DAS</b>
Germinação	1-7	07
Crescimento vegetativo	7-35	35
Floração e frutificação	36-75	75
Maturação dos frutos	76-90	90

#### 4.5 ANÁLISE DE CRESCIMENTO DO GERGELIM BRS SEDA

##### 4.5.1 Altura das plantas

Os valores médios de altura de plantas irrigadas com água do lençol freático e com água do rejeito dos tanques de piscicultura, obtidos a cada 15 dias, estão expostos na tabela 4.4. Observou-se um crescimento lento no início do desenvolvimento vegetativo, seguido de um crescimento acentuado na fase intermediária, e uma tendência de estabilização na fase final.

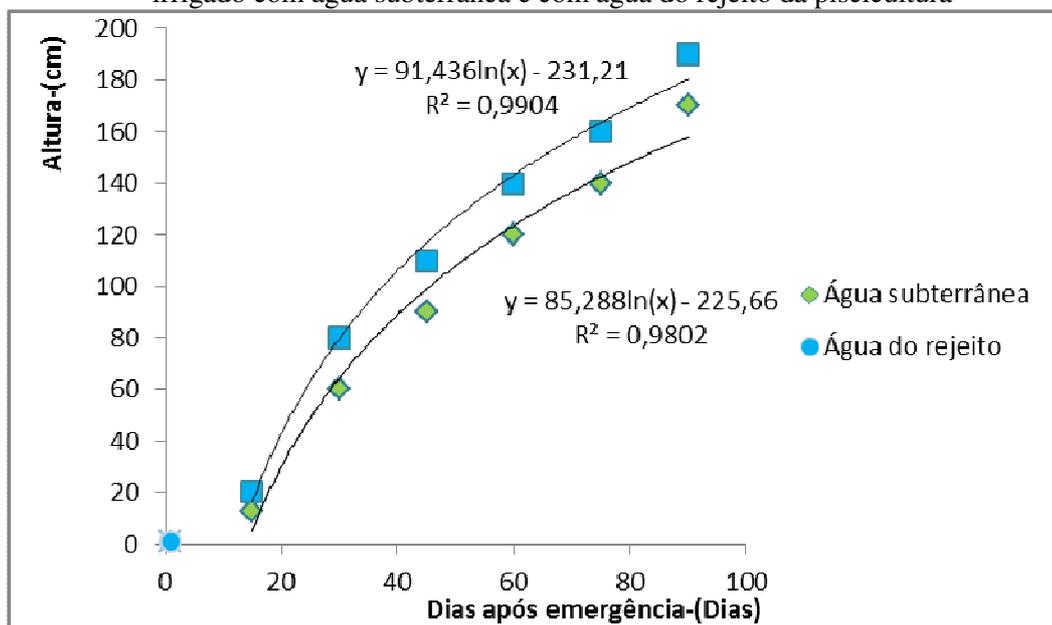
**Tabela 4.4** – Altura média (cm) das plantas de gergelim irrigado com água subterrânea e com água do rejeito com respectivos desvios padrão e coeficiente de variação

<b>Medidas de posição</b>	<b>Período de Amostragem (Dias após emergência)</b>					
	<b>15</b>	<b>30</b>	<b>45</b>	<b>60</b>	<b>75</b>	<b>90</b>
<b>Média no Lençol freático (cm)</b>	7,5	42,4	95,6	135,8	160,2	170,2
<b>Média no rejeito (cm)</b>	8,90	45,7	111,40	147,3	175,2	192,5
<b>Desvio Padrão no lençol freático</b>	1,50	15,3	10,20	12,80	13,70	15,60
<b>Desvio Padrão no rejeito</b>	1,30	12,4	9,20	10,70	14,55	13,80
<b>Coeficiente de Variação na água do lençol freático (%)</b>	17,6	12,8	10,50	9,40	8,50	9,10
<b>Coeficiente de variação na água do rejeito</b>	0	0	9,60	8,70	7,80	8,50

As equações que ajustam as curvas para a altura média de plantas do gergelim, assim como o coeficiente correlação, são apresentadas na figura 4.12. Avaliando-se os resultados obtidos, observa-se que, inicialmente a cultura tem um crescimento lento. Entre 30 e 60 dias o crescimento se torna intenso, e após esse período, volta a crescer de forma lenta estabilizando em média na altura de 170 cm nas plantas irrigadas com água do lençol freático, enquanto que as plantas irrigadas com água do rejeito dos tanques de piscicultura atingiram uma altura média de 192 cm e a planta que teve maior altura atingiu 273 cm. Perin et al. (2010) utilizando solo de baixa fertilidade com adubação 04:20:10, na dosagem de 600 kg/ha, obteve

para a variável altura média da planta um valor de 156 cm. Estudos realizados por Mesquita (2010) através da fertirrigação com doses de 125 kg/ha de nitrogênio em casa de vegetação encontrou valores até 2,40 m para altura de plantas de gergelim. Maia Filho et al. (2010), estudaram a utilização de dosagens de biofertilizante bovino, fornecidas via fertirrigação para a promoção de diversos fatores de crescimento e desenvolvimento dessa pedaliácea, na qual pode ser constatado uma altura máxima de 156,75 cm do gergelim em condições de campo; Lima (2006) observou uma altura máxima de 96,83 cm para altura do gergelim.

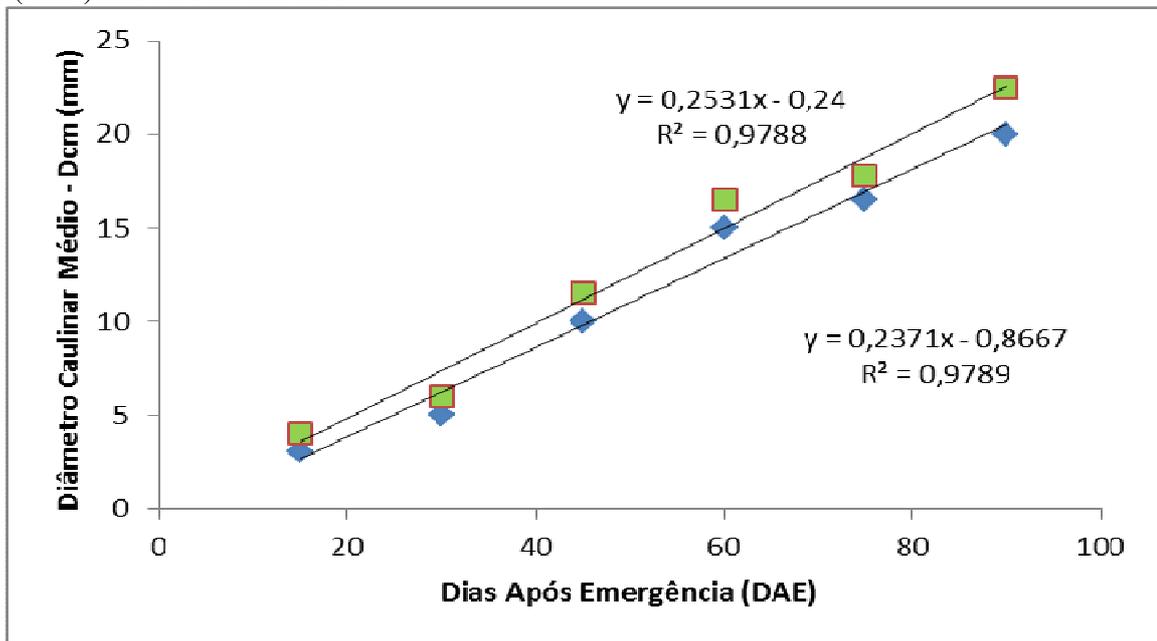
**Figura 4.12** – Altura média, em cm, do Gergelim BRS Seda, obtidos a cada 15 dias quando irrigado com água subterrânea e com água do rejeito da piscicultura



#### 4.5.2 Diâmetro caulinar

Os valores médios do diâmetro caulinar ( $D_c$ ), em mm, obtidos a cada 15 dias, podem ser vistos na Figura 4.13. Avaliando-se os resultados obtidos, observa-se que nos primeiros quinze dias a planta tem um diâmetro caulinar muito pequeno, em ambos os tratamentos, em torno de 3 mm, a partir do trigésimo dia, houve um incremento linear ao longo do ciclo da cultura e entre 30 e 45 dias houve a maior taxa de crescimento passando de 6,50 para 12,50, portanto a uma taxa de crescimento de 0,4 cm por dia. Santos et al. (2010), avaliando o diâmetro caulinar em duas cultivares de gergelim (CNPA G3 e CNPA G4) plantadas em vasos, utilizando água de abastecimento potável e água residuária tratada, encontraram respectivamente os seguintes valores médios para o diâmetro caulinar das plantas: 8,7; 11,6; 13,8; 14,9 e 16,0 mm, aos 30, 45, 60, 75 e 90 dias após a emergência das plântulas.

**Figura 4.13** – Diâmetro caulinar médio (mm) do gergelim, em função dos dias, após a emergência (DAE) nos dois tratamentos



Na tabela 4.5 encontram-se escritos os valores médios das principais características de uma planta de gergelim irrigado com água subterrânea e com água do rejeito ao final dos dois ciclos produtivos. Observa-se que em todos os itens, incluindo altura média, diâmetro caulinar médio, a altura média, número de cápsulas e o número de ramos são maiores quando irrigados com águas dos tanques de piscicultura, sendo que a variável número de ramos médio, está diretamente relacionado à produtividade da cultivar.

**Tabela 4.5** – Principais características da cultivar do gergelim irrigado com os dois tipos de água

Tratamentos	Variáveis de produtividade						
	H (cm)	L (mm)	Hpc	Nº de Ramos	Nº de cápsulas	Massa Verde	Massa Seca
T1	173,20	19,00	107,30	04	95,70	843,70	245,50
T2	192,30	22,00	90,70	07	130,40	950,00	268,40

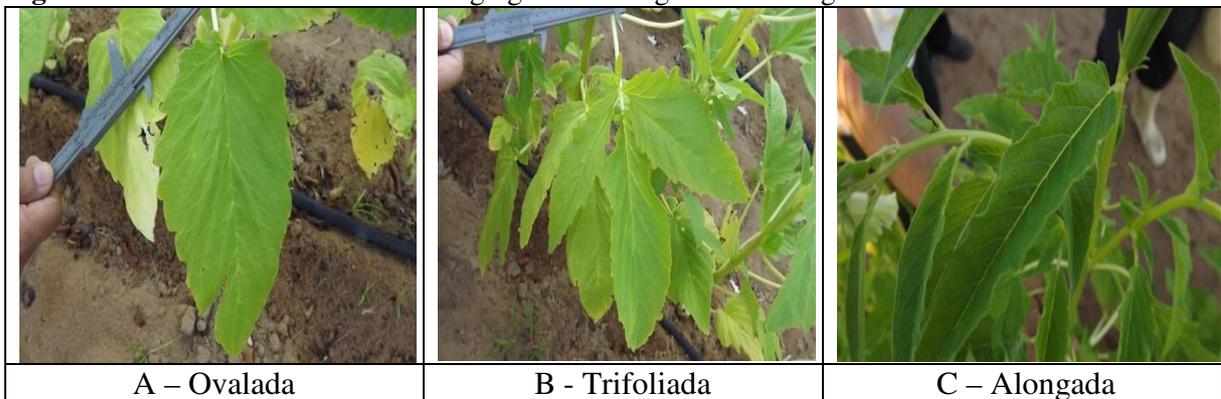
### 4.5.3 Área Foliar

A Figura 4.14 mostra os diferentes formatos das folhas ao longo do desenvolvimento vegetativo. As primeiras folhas são ovaladas, largas e lanceoladas, aos 20 dias tem formato de fenda e são trifoliadas, e a partir do primeiro fruto até a maturação completa, as folhas são pequenas e estreitas.

Favarin et al. (2002) informam que a área foliar de uma cultura é uma variável indicativa da produtividade, uma vez que o processo fotossintético depende da interceptação da energia luminosa e conversão desta em energia química. Assim, a área foliar da planta é a base do rendimento de uma cultura. O conhecimento da área foliar, de acordo com Silva et al. (2002), permite estimar a perda de água, já que as folhas são os principais órgãos responsáveis pelo processo de transpiração e pelas trocas gasosas que existem entre a planta e o meio ambiente. Severino et al. (2002), ressaltam ainda, que pouco se conhece a respeito do crescimento da área foliar do gergelim, sobretudo por se tratar de uma planta com morfologia foliar bastante complexa, apresentando folhas de vários formatos, tamanhos e espessuras, de acordo com a fase da cultura.

Os diferentes formatos das folhas ao longo do desenvolvimento vegetativo do gergelim estão apresentados na figura 4.14. As primeiras folhas são ovaladas, largas e lanceoladas (Figura 4.14A). Aos 20 dias após a semeadura (DAS = 20), as folhas apresentam formato de fenda e são trifoliadas (Figura 4.14B). A partir do surgimento do primeiro fruto até a maturação completa ( $40 < \text{DAS} < 90$ ), as folhas são estreitas e alongadas (Figura 4.14C).

**Figura 4.14**– Heterofilia das folhas do gergelim ao longo do ciclo vegetativo

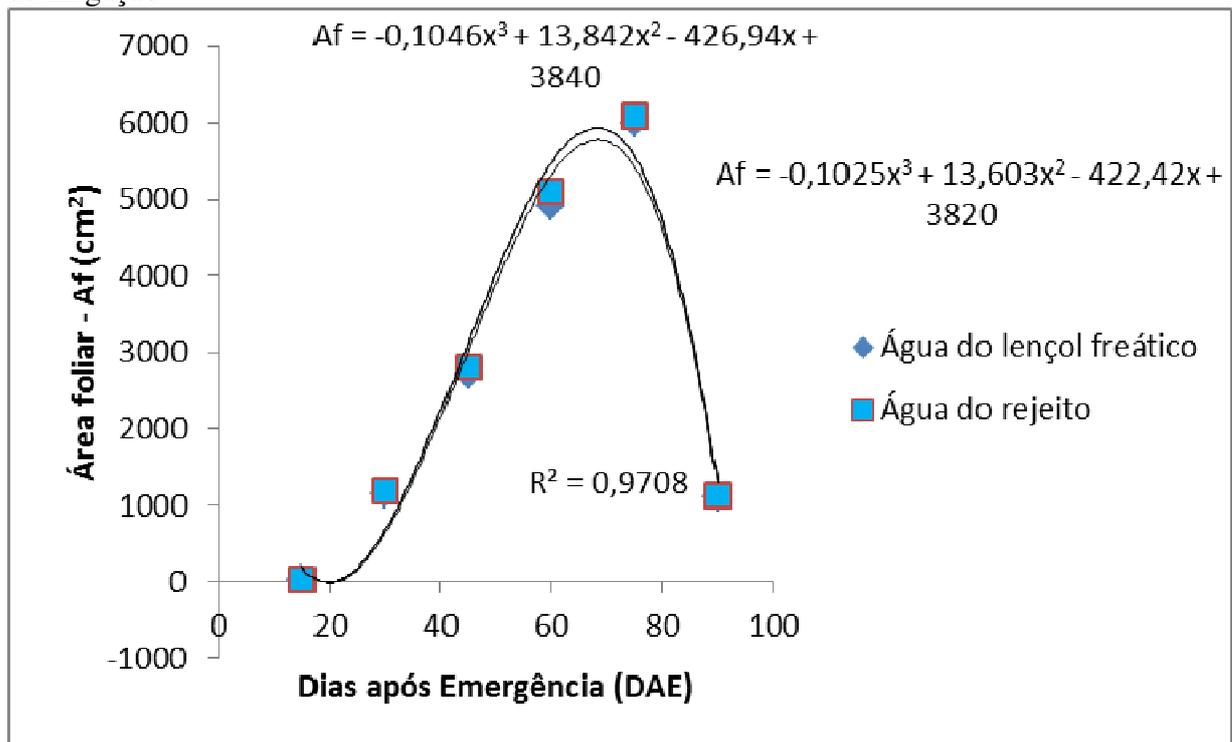


A área foliar é um importante indicador de produtividade. Sua avaliação durante todo o ciclo da cultura é de extrema importância para que se possa modelar o crescimento e o desenvolvimento da planta e, em consequência, a produtividade e a produção total da cultura. Na figura 4.15, está apresentada a evolução da área foliar em função dos dias após emergência, que cresce rapidamente entre o 35º dia após a emergência e o 75º dia e decresce após esse período. Isso ocorre porque as folhas mais novas apresentam maior atividade metabólica, consumindo mais rapidamente os nutrientes nos processos de síntese. Nesse período há uma porcentagem maior de folhas trifoliadas que as inferiores. As folhas

trifoliadas, por serem grandes e largas, contribuem com maior porcentagem para a área foliar, embora a planta possua, ao final do ciclo, grande número de folhas estreitas (superiores), que somam pouca área foliar. Essa heterofilia das folhas do gergelim é uma importante característica, pois permite bom aproveitamento da luz solar ao longo do dossel.

A Figura 4.15 apresenta a variação da área foliar do gergelim, BRS Seda, em função dos dias após a emergência, para os dois tratamentos. A curva que melhor se ajustou à área foliar (Af) em função dos dias após a emergência das plantas (DAE), irrigadas com água do rejeito, foi a de um polinômio do 3º grau, através da equação:  $Af = -0,1046(DAE)^3 + 13,842(DAE)^2 - 426,94(DAE) + 3840$ . Enquanto para as plantas irrigadas com água do lençol freático foi dado pela expressão  $Af = -0,1025(DAE)^3 + 13,603(DAE)^2 - 422,42(DAE) + 3820$ .

**Figura 4.15** – Gráfico da área foliar média Af (cm<sup>2</sup>), da cultivar BRS Seda, nos dois tratamentos de irrigação



## 4.6 ÍNDICES DE PRODUTIVIDADE DO GERGELIM

### 4.6.1 Número de cápsulas, massa de grãos por planta e peso de mil sementes

Estudos de cultivares de gergelim indicam uma forte correlação do rendimento com os componentes: peso de mil sementes, peso de grãos e número de cápsulas por planta. O número de cápsulas está ligado diretamente à produtividade do gergelim, assim como a

emissão de ramos produtivos. De acordo com Arriel (1999), existe uma grande correlação entre o número total de frutos por planta e o rendimento, o que sugere que o aumento do número de frutos por planta contribui para o incremento na produção. Os resultados referentes a todas essas variáveis, apresentados na Tabela 4.6, estão dentro da média, quando comparados aos de outras experiências com o gergelim, como os realizados por Queiroga e Silva (2008), que obtiveram um valor de 3,40 g para massa de 1.000 sementes utilizando a mesma cultivar.

Em relação ao número de cápsulas por planta, Mesquita (2010) através da fertiirrigação, em uma área de 12 x 43 m, com doses estimadas de 125 kg/ha de nitrogênio, encontrou um valor médio de 143 cápsulas, valor superior aos encontrados nesse experimento. Vieira (1994) relata que, em período crítico de competição de plantas daninhas e da adubação nitrogenada na cultura do gergelim, em regime de sequeiro, cada planta produziu, em média, 70 cápsulas, enquanto Beltrão et al. (1994), utilizando diferentes configurações de plantio em três cultivares de gergelim, obtiveram valores médios variando de 102 a 135 cápsulas por planta. Nesse experimento o que contribuiu para a maior produtividade do gergelim BRS Seda, foram o número de ramos produtivos por planta. Observa-se ainda pela Tabela 4.6 que o número de cápsulas nas plantas irrigadas com água do rejeito foi 35% superior daquelas irrigadas com água do lençol freático.

**Tabela 4.6** – Valores médios do número de cápsulas, peso de grãos e peso de mil sementes por planta nos dois tratamentos

Variáveis	Nº de cápsulas		Peso de grãos (g)		Massa de mil sementes(g)	
	Água do lençol freático	Água do rejeito	Água do lençol freático	Água do rejeito	Água do lençol freático	Água do rejeito
<b>Valores médios</b>	95,40	132,40	20,40	24,40	3,40	3,50

#### 4.6.2 Massa verde e massa seca da planta

Foi avaliada a massa verde do caule, dos ramos, das folhas e de amostras de cápsulas do gergelim ao final do ciclo vegetativo nos dois locais onde foram plantados. Os valores médios se encontram na tabela 4.7. Como a quantidade de plantas na área foi de 47.620, obtiveram-se em média, 4.700 kg de massa seca de caule, e 3095 kg de massa seca de

cápsulas que foram utilizados com cobertura morta no cultivo do mamão e essa massa pode ser aproveitada como ração animal na Agrovila. Tanto para massa verde como para massa seca, houve um aumento de peso do caule, ramos, folhas e 100 cápsulas (Tabela 4.7).

**Tabela 4.7** – Massa Verde e Seca Total das partes da Planta do gergelim, cultivar BRS Seda

<b>Peso das partes da planta (em gramas)</b>				
<b>Item</b>	<b>Caule</b>	<b>Ramos</b>	<b>Folhas</b>	<b>100 Cápsulas</b>
Massa verde do gergelim (1)	405,32	160,45	150,70	215,40
Massa verde do gergelim (2)	412,40	175,46	160,45	225,37
Massa seca do gergelim (1)	105,31	32,15	32,54	60,54
Massa seca do gergelim (2)	110,49	36,97	38,72	65,67

(1) - irrigado com água subterrânea

(2) – irrigado com água do rejeito

#### 4.6.3 Produtividade de grãos

A produtividade dos grãos do gergelim é a variável mais importante para se avaliar se uma cultura é viável do ponto de vista econômico. O resultado obtido neste experimento foi de 1.400 kg/ha quando o gergelim foi irrigado com água do lençol freático e de 1.600 kg/ha quando irrigado com água do rejeito. Esses resultados são superiores aos encontrados por Pereira et al. (2002), trabalhando com a cultivar CNPA G-3. Os referidos autores conseguiram uma produtividade média de grãos de 757 kg/ha. Perin et al. (2010), em experimento de campo, obtiveram uma produtividade média de 842,43 kg/ha, enquanto Mesquita (2010), através de estudos em casa de vegetação com o gergelim, obteve uma produtividade de 1.000 kg/ha aplicando uma dose de 125 kg/ha via fertirrigação. Esses valores são bem inferiores aos encontrados neste experimento. No entanto, Lima (2011), em uma área de 15 m<sup>2</sup>, na Estação Experimental da Embrapa Algodão em Barbalha/CE, utilizando o gergelim da linhagem LSGI-5, com espaçamento de 10 cm entre plantas por 60 cm entre fileiras, com apenas 70 cápsulas por planta, estimaram para uma população de 400.000 plantas por hectare, uma produtividade de 2.929 kg/ha. Obviamente, esses dados não são representativos, haja vista que foram obtidos em condições muito limitadas (15 m<sup>2</sup> de área experimental e uma amostra de apenas 70 cápsulas).

#### 4.7 CUSTOS DE PRODUÇÃO E RENTABILIDADE

O conhecimento dos custos de produção torna-se essencial para o gerenciamento de qualquer atividade que busque ser competitiva no mercado. As informações sobre a quantificação dos custos de produção em cada etapa do processo no setor agropecuário possibilitam ao produtor compreender a representatividade dos processos no resultado final do ciclo, evitando gastos desnecessários e potencializando sua lucratividade. Observam-se pelos dados das tabelas 4.8 e 4.9 os custos com a mão de obra e com os insumos no cultivo do gergelim BRS Seda na agrovila de Canudos, em Ceará-Mirim (RN).

**Tabela 4.8** – Custo com Mão de Obra para o cultivo do gergelim, cultivar BRS Seda, irrigado com água subterrânea e com o rejeito da piscicultura para 0,25 ha

<b>Discriminação dos serviços</b>	<b>Quant.</b>	<b>Unidade</b>	<b>Valor unitário</b>	<b>Valor parcial</b>
Corte de Terra	0,25	ha	150,00	50,00
Sucamento	0,25	ha	100,00	25,00
Adubação de Fundação	04	diária	25,00	100,00
Semeadura	02	diária	25,00	50,00
Desbaste	06	diária	25,00	150,00
Adubação de Cobertura	02	diária	25,00	50,00
Capinas manuais	06	diária	25,00	150,00
Colheita	04	diária	25,00	100,00
Beneficiamento	0,25	ha	150,00	150,00
			<b>Total</b>	<b>R\$ 825,00</b>

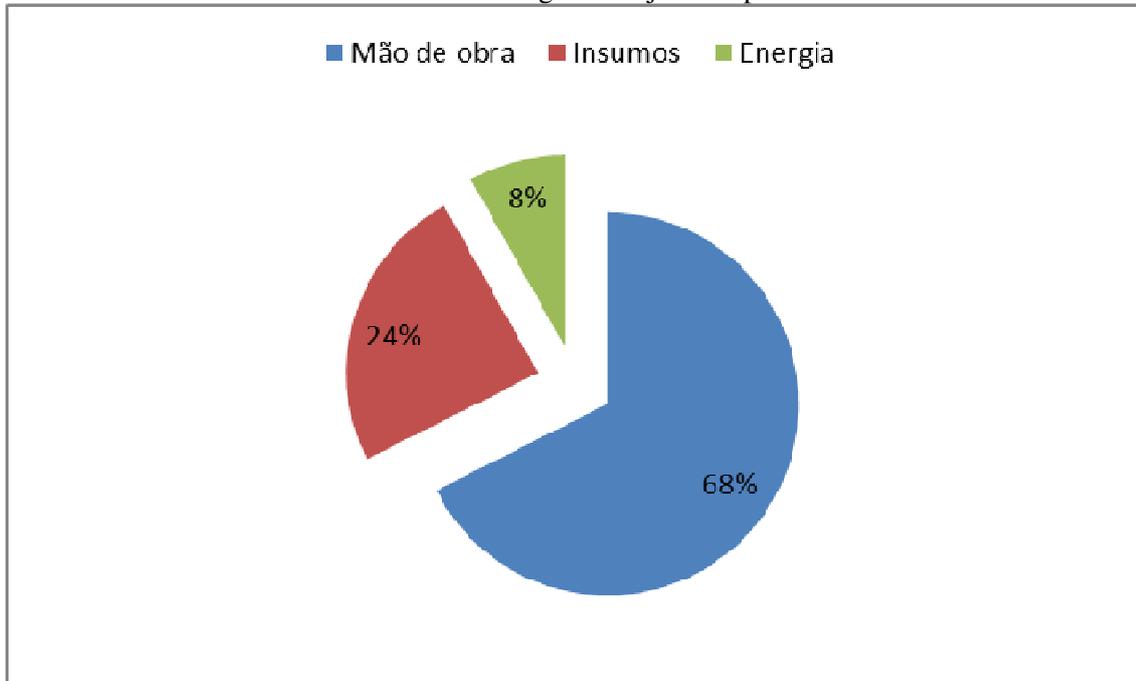
**Tabela 4.9** – Custos com Insumos para o cultivo do gergelim, cultivar BRS Seda, irrigado com águas de diferente qualidade para 0,25 ha

<b>Insumos</b>	<b>Quant.</b>	<b>Unidade</b>	<b>Valor unitário</b>	<b>Valor parcial</b>
Adubação orgânica	1,25	m <sup>3</sup>	100,00	125,00
Cloreto de Potássio	30	Kg	1,05	31,50
Sulfato de Amônio	50,00	kg	1,10	55,00
Fosfato Monoamônico	25	kg	1,40	35,00
FTE BR 8	25	kg	2,00	50,00
			<b>Total</b>	<b>R\$ 296,50</b>

Por sua vez o custo de energia foi calculado utilizando a expressão:  $E = P \times t \times f$  em que P é a potência do motor que irrigou a área e t é o tempo em o sistema ficou irrigando em todo ciclo da cultura. O preço do quilowatt. hora irrigado, de 21 h até 5 horas da manhã, é de R\$ 0,19, então a energia consumida foi de  $(5 \times 735 \text{ W}) \times (150 \text{ h}) \times (0,19)$ , portanto resultou em um valor de R\$ 99,75, portanto o custo total é a soma do custo de mão de obra somado ao custo de insumos o custo de energia que resultou em R\$ 1221,25. De acordo com a figura

4.16, nota-se que o valor da mão de obra representa 68% do valor do custo de produção, seguido pelos insumos que representaram 24% e a energia 8% do total.

**Figura 4.16** – Custos médio de produção do gergelim, cultivar BRS Seda, irrigado com água subterrânea e com água do rejeito da piscicultura



A receita bruta correspondeu ao preço unitário de R\$ 8,00 multiplicado pela quantidade produzida, que foi em média de 350 kg, com água do lençol freático e 400 kg utilizando-se a água dos tanques de piscicultura, isso gerou uma receita bruta de R\$ 2.800,00 e R\$ 3.200,00 respectivamente. Portanto o lucro líquido foi de R\$ 1578,75 e R\$ 1978,75 em 0,25 ha. Considerando-se os dados apresentados nessa pesquisa, conclui-se que a cultura do gergelim sob o ponto de vista econômico poderá ser consolidado nos meios produtivos de Canudos, e posteriormente se expandir a toda Microrregião de Ceará-Mirim.

Em se tratando da relação benefício/custo (RBC), resultante da razão entre os benefícios auferidos pelo sistema de produção e o custo total do sistema, é dada pela expressão:

$$RBC_i = \frac{RB_i}{CT_i} \quad (4.2)$$

Portanto, para a água do lençol freático tem-se: R\$ 2.800,00/1.221,25 = 2,29, e para água do rejeito R\$ 3.200,00/1.221,25 = 2,62.

Com relação a taxa marginal de retorno (TMR), dada em percentagem, pode ser definida pela relação entre a diferença de renda líquida (RLi) auferida entre dois tratamentos em relação ao custo dependente dos tratamentos (CDT) entre dois tratamentos testados, pode ser determinada pela equação:

$$\text{TMR} = \text{RLi}/\text{CDTi} \quad (4.3)$$

A taxa marginal de retorno para o tratamento que utilizou a água do lençol freático foi igual a  $1.578,75/1.221,25$  que corresponde a 1,29. Enquanto para o tratamento em que se utilizou a água oriunda do rejeito dos tanques de piscicultura, a taxa marginal de retorno foi de  $1.978,75/1.221,25 = 1,62$ . Portanto, o tratamento em que se utilizou a água do rejeito foi superior ao tratamento utilizando a água do lençol freático. Dessa forma conclui-se que para cada real investido obteve-se um lucro de R\$ 0,29 utilizando-se a água do lençol freático, enquanto para o tratamento em que se utilizou a água do rejeito obteve-se um lucro líquido de R\$ 0,62 para cada real investido. Isso demonstra que a irrigação da cultura do gergelim com águas dos tanques além de ser economicamente viável é ecologicamente correto, uma vez que economiza-se água do lençol freático.

#### 4.8 ESTADO NUTRICIONAL E TEOR DE ÓLEO DAS SEMENTES DO GERGELIM BRS Seda

A composição nutricional dos grãos do gergelim está visualizada na tabela 4.10, com os macronutrientes e micronutrientes, assim como o percentual de proteína bruta e o teor de óleo.

Segundo Epstein (2000), os teores de óleo e proteínas das sementes do gergelim são altos, variando de 44–58% e 19-25%, respectivamente. Os valores encontrados nesse experimento, na agrovila de Canudos, estão compilados na tabela 4.10, e estão de acordo com os resultados da pesquisa acima citada.

Firmino e Beltrão (1997) determinaram a composição do gergelim e encontraram em média por cada 100 g, os seguintes valores: cálcio 1200 mg, potássio 400 mg, fósforo 540 mg e ferro 9,6 mg/kg. Em relação aos macronutrientes (N, P e K) os resultados dessa pesquisa são todos superiores aos descritos pelos pesquisadores. No entanto, em relação ao ferro, o valor encontrado pelos pesquisadores é superior ao encontrado na pesquisa em curso.

**Tabela 4.10** – Macronutrientes e micronutrientes nas sementes do gergelim BRS Seda, irrigado na Agrovila de Canudos, em Ceará-Mirim (RN)

Item	Macronutriente (g.kg <sup>-1</sup> )					Micronutrientes (mg.kg <sup>-1</sup> )						Proteína bruta
	N	P	K	Ca	Mg	Na	Zn	Cu	Fe	Mn	Teor de óleo	
Água do lençol	41,7	8,2	3,7	12,2	1,73	0,25	57	25	76	24	50%	21%
Água do rejeito	42,4	8,4	4,6	13,1	1,58	0,35	59	26	80	25	52%	23%

## 5. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos com o experimento de campo da cultura do gergelim, cultivar BRS Seda, na Agrovila de Canudos situada em Ceará-Mirim-RN, irrigado com água do lençol freático e do rejeito de tanques de piscicultura, permitem as seguintes conclusões:

1) Houve viabilidade econômica, ambiental e social. Essa viabilidade ficou demonstrada pela rentabilidade da cultivar do gergelim, BRS Seda, pela incorporação dos macro e micronutrientes ao solo agrícola e pela inserção de novos conhecimentos teóricos e práticos aos assentados da agrovila de Canudos, em Ceará-Mirim ( RN ).

2) Em relação aos custos de produção do gergelim irrigado, 68% são custos de mão de obra, 24% de insumos e 8% de energia. A taxa de retorno do tratamento irrigado com água do rejeito dos tanques de piscicultura é superior (1,62) àquela para o tratamento irrigado com água do lençol freático (1,29). Dessa forma, conclui-se que, para cada real investido, obtém-se um lucro líquido de R\$ 0,62 utilizando-se água do rejeito e de R\$ 0,29 usando-se água do lençol freático. Isso demonstra que a irrigação da cultura do gergelim com água dos tanques de piscicultura, além de ser economicamente viável é ecologicamente correto, uma vez que economiza-se água do lençol freático;

3) A produção média de grãos foi maior (1.600 kg/ha) usando água do rejeito dos tanques de piscicultura do que com água do lençol freático (1.400 kg/ha). Esses valores são importantes indicadores de benefícios econômicos e sociais para os assentados. O teor de óleo nas sementes variou de 50 a 52% e o teor de proteína bruta de 21% a 23%;

4) A água de irrigação tanto do lençol freático quanto do rejeito dos tanques de piscicultura se enquadram como C1S1T1, ou seja, sem qualquer tipo de restrição para fins de irrigação para qualquer cultura, como também, para todo tipo de solo;

5) As alterações na fertilidade do solo se deram pela incorporação dos macronutrientes e pelo teor de matéria orgânica que cresceu de forma exponencial com relação ao tempo de utilização da água residuária dos tanques de piscicultura, melhorando a qualidade ambiental do solo agrícola;

6) O ciclo fenológico do gergelim na microrregião de Ceará-Mirim ( RN ), compreendeu 90 dias, distribuídos em 7, 28, 40 e 15 dias nas fases de germinação ( Fase I ), desenvolvimento vegetativo ( Fase II ), floração e frutificação ( Fase III ), e maturação dos frutos ( Fase IV ) ;

7) O cultivo do gergelim BRS Seda, na agrovila de Canudos em Ceará-Mirim (RN), veio incorporar novos conhecimentos técnicos e práticos para os agricultores que melhoraram a preservação e a sustentabilidade do meio ambiente. Aliados a isso, as condições edafoclimáticas contribuíram para a boa produtividade da cultura do gergelim, BRS Seda, naquela região. Trata-se de uma cultura economicamente viável, podendo constituir-se em fonte alternativa de geração de emprego e renda para as famílias dos pequenos produtores da agrovila e da microrregião de Ceará-Mirim (RN), e conseqüentemente, para melhoria da qualidade de vida dos agricultores.

## REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, O. A. **Qualidade da água para irrigação**. Bahia: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2010. Disponível em: <<http://www.cnpmf.embrapa.br>>. Acesso em: 15 jun. 2011.
- AMORIM, J. R.A.; RESENDE, R.S.; HOLANDA, J.S.; FERNANDES, P.D. **Qualidade da água na agricultura irrigada**. In: ALBUQUERQUE, P.E.P; DURÃES, F.O.M. (ed.). *Uso e manejo da irrigação*. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2008, cap. 6, p.255-316.
- ANDRADE, P.B. **Potenciais polinizadores e requerimentos de polinização do Gergelim (*Sesamum Indicum L.*)**. 2009. 75f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia)–Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2009.
- ANTUNIASSI, M.H.R.; AUBRÉE, M.; CHONCHOL, M.E.F. De sitiante a assentado: trajetórias e estratégias de famílias rurais. *Revista São Paulo em Perspectiva*, vol.7,n.3,jul-set. São Paulo: Fundação SEADE,1993.p.125-132.
- AYERS, R.S.; WESTCOT, D.W. **A qualidade da água na agricultura**. Campina Grande: UFPB, 1991, p. 218. (FAO. Estudos de Irrigação e Drenagem, 29, rev. 1).
- APHA. **Standard methods for the examination of wastewater**. Washington: APHA-AWWA-WPCF, 2005. p. 1000.
- ARRIEL, N.H.C.; FIRMINO, P. T.; BELTRÃO, N.E. M. **Gergelim: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2009. p. 209.
- ARRIEL, N. H. C.; FIRMINO, P.T.; BELTRÃO, N. E. M.; SOARES, J. J.; ARAÚJO, A. E.; SILVA, A. C.; FERREIRA, G.B. **A cultura do gergelim**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2007, 72p. (Cartilha Plantar, 50).
- ARRIEL, N. H. C.; VIEIRA, D. J.; PEREIRA, J. R.; COSTA, I. T. Correlações genéticas e fenotípicas e herdabilidade em genótipos de gergelim (*Sesamum indicum L.*). **Revista de Oleaginosas e Fibrosas**, v.3, n.3, p.175-180, 1999.
- ARRIEL, N. H. C.; VIEIRA, D. J.; FIRMINO, P.T. **Situação atual e perspectivas da cultura do gergelim no Brasil**. Campina Grande: EMBRAPA, 1998. Disponível em: <[www.cpatsa.embrapa.br](http://www.cpatsa.embrapa.br) >. Acesso em: 14 mar. 2012.
- BASTOS, R. K. X. **Utilização de esgotos tratados em fertirrigação, hidroponia, e piscicultura**. Rio de Janeiro: ABES, 2005. p. 267, Projeto: PROSAB.
- BASTOS, R. K. X. E MARQUES, M. O. Utilização de esgoto tratado em fertirrigação, hidroponia e piscicultura – uma análise crítica. In: Bastos, R. K.X. **Utilização de esgotos**

**tratados em fertirrigação, hidroponia e piscicultura.** Rio de Janeiro: ABES, 2003. p. 247-253.

BAUMGARTNER, D.S.AMPAIO, C.S., SILVA, T.R.; TEO, C.R.P.A.; BOAS.; M.A.V. **Reúso de água residuária da piscicultura e da suinocultura na irrigação da cultura da alfafa.** Revista Engenharia Agrícola e Ambiental, v27, nº1, p.152-163, 2007.

BELTRÃO, N. E. M.; SOUZA, J. G. ; PEREIRA, J. R. Fitologia. In: BELTRÃO, N. E. M.; VIEIRA, D.J. **O agronegócio do Gergelim no Brasil.** Brasília: Embrapa Comunicações para transferência de Tecnologia, 2001. cap.3, p.37- 57.

BELTRÃO, N. E. M. **Importância da cultura do gergelim para região Nordeste.** CNPA Informa. Gergelim: nova alternativa para o semiárido nordestino. n. 19, p.5, dez. 1994.

BELTRÃO, N.E.M.; NOBREGA, L.B.; AZEVÊDO, D.M.P. ; SILVA, L.C.; ARAUJO, J.D.; SILVA, M.B.; DIAS, J.M. **Configurações de plantio e cultivares na sésamocultura no nordeste brasileiro.** Centro Nacional de Pesquisa do Algodão. Relatório técnico anual. Campina Grande, 1994. p.457-459.

BENINCASA, M. M. P. **Análise de crescimento de plantas: noções básicas.** Jaboticabal: FUNEP, 1988. p. 42.

BERGAMASCO, S.M; NORDER, L.AC. **O que são assentamentos rurais.** São Paulo: Brasiliense, 1996.

BERNARDO, S. **Manual de irrigação.** Viçosa: UFV, 1996. p. 596.

BERTOL, I.; COGO, N. P.; SCHICK, J.; GUDAGNIN, J. C.; AMARAL, A. J. Aspectos financeiros relacionados às perdas de nutrientes por erosão hídrica em diferentes sistemas de manejo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, n. 1, p. 133-142, 2007.

BOYD, C. E. Aquaculture sustainable and enviromental issues. **World Aquaculture**, Louisiana, v. 2, n. 30, p.71-72, 1999.

\_\_\_\_\_.Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução nº 357, de 17 de março de 2005.** Disponível em: <<http://w.w.w.mma.gov.br>>Acesso em: 25 jul. 2011.

\_\_\_\_\_. Ministério das Minas e Energia. **Projeto de fontes de abastecimento por água subterrânea no Estado do Rio Grande do Norte: diagnóstico do município de Ceará-Mirim (RN).** Brasília: MME, 2005.

CAMARGO, O. A.; ALLEONI, L. R. F. **Compactação do solo e desenvolvimento das plantas**. Piracicaba: ESALQ/USP, 1997. p. 132.

CÂNDIDO, G.A. (Org.). **Desenvolvimento sustentável e sistemas de indicadores de sustentabilidade**. Campina Grande: UFCG, 2010. p. 469.

CARVALHO, P. C. T.; MARQUIS, M. O. **Biossólidos na agricultura**. São Paulo: PABES, 2002. p. 468.

CASTRO, R. S.; AZEVEDO, C. B.; NUNES, G. H. de S.; CARNEIRO, C. R. **Utilização de efluente de viveiro de peixes para a irrigação do tomate cereja cultivado em diferentes substratos**. Horticultura Brasileira, v.20, n.2, Suplemento 2, jul., 2002.

CASTRO, R. S.; AZEVEDO, C. B.; BEZERRA NETO, F.; TORQUATO, J. E. Produtividade do tomate cereja cultivado em sistema orgânico, irrigado com efluente de piscicultura. Horticultura Brasileira, v. 21, n.2, Suplemento CD, jul., 2003.

CHISTOFIDIS, D. Água: um desafio para a sustentabilidade do setor agropecuário. **Revista ITEM**, Brasília, n. 54, p. 46-55, 2002.

COSTA, D. M. A. **Impacto do estresse salino e da cobertura morta nas características do solo e no desenvolvimento do amaranto**. 2007. 124f. Tese (Doutorado em Engenharia Química)–Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2007.

CEBALLOS, B. S. O; SUZANA, M. S. L.; ISRAEL, N. H.; TAVARES, J.S.; HÉLVIA, W. C. A. Qualidade sanitária e produção de alface irrigada com esgoto doméstico tratado. **Revista de Engenharia Agrícola e Ambiental**, p.21-25, suplemento 2005.

CHERNICHARO, C.A.L.; CORAUCCI FILHO, B.; ABDUL NOUR, E.; ANDRADE NETO, C.O.; MONTEGGIA, L.O.; VON SPERLING, M.; STEFANUTTI, R.; LUCAS FILHO, M.; ANDREOLI, F.N.; SOUZA, H.N.; MANSUR AISSE, M. **Tecnologia do Tratamento de Águas Residuárias no Solo: Infiltração Rápida, Irrigação e Escoamento Superficial**: In: Tratamento de esgotos Sanitários por processo Anaeróbio e Disposição Controlada no Solo, José Roberto Campos (Coordenador). Rio de Janeiro: ABES, 1999, 464p.

DANTAS, J. P.; MARINHO, F.J.L.; FERREIRA, M.M.M.; AMORIM, M.S.N.; ANDRADE, S.I.O.; SALES, A.L. Avaliação de genótipos de caupi sob salinidade. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.6, nº3, p.425-305, 2002.

DONEEM, L. D. **Práctica del riego y ordenacion de águas.** Roma: FAO, 1971. p. 84. (Estudios FAO: Riego y Drenage,1).

\_\_\_\_\_. EMBRAPA ALGODÃO. **Produção de gergelim orgânico nas comunidades de produtores familiares de São Francisco de Assis do Piauí e outros.** Campina Grande: EMBRAPA, 2008.

\_\_\_\_\_. EMBRAPA ALGODÃO. **Cultivo do gergelim.** Campina Grande: EMBRAPA, 2006. Disponível em:< sistemas de produção.cnptia.embrapa.br > Acesso em: 20 fev. 2012.

\_\_\_\_\_. EMBRAPA ALGODÃO . **Gergelim BRS Seda.** Campina Grande: EMBRAPA, 2007. 1 Folder. Disponível em:<www.fao.org>. Acesso em: 23 mar. 2012.

EPSTEIN, L. Cultura – Gergelim. SDA / DDA – SEAGRI – SALVADOR, Ago. 2000. Disponível em: < <http://bahia.ba.gov.br/seagrill/gergelim.htm#O%20óleo>> Acesso em: 18 fev. 2012.

FAVARIN, J.L.; DOURADO, D.N; VILA NOVA, N.A.; AXEL, G. Equações para estimativas do índice de área foliar do cafeeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira.** Brasília, v.37, n.6, p.769-773, 2002.

FERNANDEZ, J. C.; GARRIDO, R. J. **Economia dos recursos hídricos.** Salvador: EDUFBA, 2002.

FERRANTE, V. L. S. B. Experiências de reforma agrária: bloqueios e perspectivas de desenvolvimento rural. **Revista Lutas e Resistências,** Londrina, v.1, p.76-90, 2006.

FERREIRA, M. M.; FERNANDES, B.; CURTI, N. Mineralogia da fração argila e estrutura de Latossolos da região Sudeste do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo,** Viçosa, v. 23, p. 507-514, 1999.

FINK, D. R.; SANTOS, H. F. **A legislação de reuso da água.** In: MANCUSO, S. P. C.; SANTOS, H. F. dos. (Ed.). Reuso de água. São Paulo: ABES, 2002. cap. 8.

FIRMINO, P. T.; BELTRÃO, N. E.M. **Valor protéico das sementes de gergelim(*Sesamun indicum L.*) cultivar CNPA G-2.** Campina Grande: EMBRAPA CNPA,1997. 4p.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS Global Aquiculture production < url : [www.fao.org](http://www.fao.org), acesso em: 23/03/2012.

FRANÇA, D. T.; NETO, A. C. Água e sociedade. In **Revista Plenarium**, Brasília, ano 3, n. 3, p. 20, set. 2006.

FREITAS, M. A.V. de; SANTOS, A. H. M. Importância da água e da informação hidrológica. In: FREITAS, M. A.V. de. (Ed.). **O estado das águas no Brasil; perspectivas de gestão e informações de recursos hídricos**. Brasília: ANEEL/MME/ MMA-SRH/OMM, 1999. p. 13-16.

HEREDIA, B. Análise dos impactos regionais da reforma agrária no Brasil. **Revista Estudos Sociedade e Agricultura**, Rio de Janeiro, n.18, p.73-112, 2002.

HESPANHOL, I. Potencial de reuso de água no Brasil. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v. 7, n. 4, p. 75-95, 2008.

HUSSAR, G.J; PARADELA, A.L.; SAKAMOTO, Y.; JONAS,T.C.; ABRAMO,A.L. Aplicação da água de escoamento de tanques de piscicultura na irrigação de alface: aspectos nutricionais. **Revista Ecossistema**, vol 27, n1, jan-dez. 2002.

KLEIN, V. A.; LIBARDI, P. L. Densidade e distribuição do diâmetro dos poros de um latossolo vermelho, sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 26, p. 857-867, 2002.

KUBITZA, F. Qualidade da alimentação, qualidade da água e Manejo alimentar na produção de peixes. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO E NUTRIÇÃO DE PEIXES, 1, 1997, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: CBNA, 1997, p. 63-101.

JACOBI, P. A água na terra está se esgotando? É verdade que no futuro próximo teremos uma guerra pela água?. **Net**, Francisco Beltrão, mar. 2007. Disponível em: <<http://www.geologo.com.br/encontregeol2.asp?nome=pedro%20jacobi>>. Acesso em: 11 mar. 2011.

LAL, R. Tillage effects on soil degradation, soil resilience, soil quality, and sustainability. **Soil & Till Research**, Luisiana, v. 27, p. 1-8, 1993.

LEITE, Sérgio. **Assentamentos rurais: um balanço da experiência brasileira**. CPDA/UFRJ, 1998. Disponível em: <<http://www.neade.gov.br>>. Acesso em: 28 de abril.2012.

LEITE, L.F.C.; MENDONCA, E.S.; NEVES, J.C.L.; MACHADO, P.L.O.A.; GALVAO, J.C.C. Estoques totais de carbono orgânico e seus compartimentos em argissolo sob floresta e sob milho cultivado com adubação mineral e orgânica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.27, p.821-832, 2003.

LIMA, V.I. **Crescimento e Produção de gergelim cv. G3 em função de zinco e boro**. 2006. 72f. Dissertação (Mestrado em agronomia) – Universidade Federal da Paraíba, Areia, PB, 2006.

LIMA, F.V.; PEREIRA, J.R.; ARAÚJO, W.P.; ALMEIDA, S.A.B.; LEITE, A.G. Definição de espaçamentos para o gergelim irrigado. **Revista Educação Agrícola Superior**, ABEAS, v.26, n.1, p.10-16, 2011.

MAIA FILHO, F. C. F.; MESQUITA, E. F.; MELO, D. S.; SOUSA, P. M.; PEREIRA, R. F.; MELO, W. B.; VIEIRA, I. G. S.; ANDRADE, R. Desenvolvimento fisiológico do gergelim BRS Seda sob cultivo orgânico. In: SIMPOSIO INTERNACIONAL DE OLEAGINOSAS E FIBROSAS, 1., 2010, Campina Grande. **Anais . . .** Campina Grande: Embrapa Algodão, 2010. p. 616-621.

MANCUSO, P. C. S.; SANTOS, H. F. **Reúso de água**. Barueri: Editora Manole Ltda, 2007. p. 576.

MARQUELL, W. A. **Tensiômetros para controle de irrigação em hortaliças**. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2008. (Circular Técnica nº57).

MAZZANI, B.; HOROVITZ, M. Base genética del mejoramiento del *Sesamum indicum* L. de frutos indeiscente. **Agronomic Tropical**, v. 2, n. 3, p. 197-205,1983.

MEDEIROS, S.S.; SOARES, F.A.L.; GHEYI, H.R.; FERNANDES, P.D. Uso de água residuária de origem urbana no cultivo de gérbera: efeito nos componentes de produção. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.27, n.2, p.569-578, 2007.

MESQUITA, J. B. R. **Manejo da cultura do gergelim submetida a diferentes lâminas de irrigação, doses de nitrogênio e de potássio pelo método convencional e por fertirrigação**. 2010. 82f. Dissertação (Mestrado em agronomia) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2010.

METCAF & EDDY. **Tratamiento, Vertido y reutilización**. McGraw-Hill, 1485f, Madri, 1995.

MOTA, S. **Introdução à engenharia ambiental**. Rio de Janeiro: ABES, 2007. p. 292.

MOTA, S.; AQUINO, M. D.; SANTOS, A. B. (Org.). **Reúso de águas em irrigação e piscicultura**. Ceará: Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia, 2007, p.350.

NUNES, A. J. P. Tratamento de efluentes e recirculação de água na engorda de camarão marinho. **Revista Panorama da Aqüicultura**, Rio de Janeiro, v. 12, n.71, p. 27-39, mar./abr. 1998.

OLIVEIRA, M.; MAIA, C. E. Qualidade físico-química da água para irrigação em diferentes aquíferos na área sedimentar do Estado do Rio Grande do Norte. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.2, p.17-21, 1998.

PALADINI, F.L.S.; MIELNICZUC, J. Distribuição de tamanho de agregados de um Podzólico Vermelho-Escuro afetado por sistema de culturas. **R. Bras. Ci.Solo**, 15:135-140, 1991.

PAGANINI, W. S. Reúso da água na agricultura. In: **Reúso de água**. MANCUSO, P. C. S.; SANTOS, H. F.; PHILIPPI JR, A. (coord.). Barueri: Manole, 2003. p. 62.

PEREIRA, E. W. L.; AZEVEDO, C. M. S. B.; LIBERALINO FILHO, J.; DUDA, G.P. Utilização de efluente de viveiro de peixes na irrigação de alface cultivada em diferentes tipos de substratos. **Revista Caatinga**, Mossoró-RN, v.16, n. 1, p.57-62, dez. 2003

PEREIRA, R.P.; BELTRÃO, N. E.M; ARRIEL, H.CA. ; SILVA, E.S.B. Adubação orgânica do gergelim no Seridó Paraibano. Revista de Oleaginosas e fibrosas. **Revista de Oleaginosas e Fibrosas**, v.6, n.3, p.599-608, 2002.

PEREIRA NETO, J. T. Conceitos modernos de compostagem. **Engenharia Sanitária**, Rio de Janeiro, v. 28, n. 3, p.104-109, 1989.

PERIN, A.; CRUVINEL, J. D.; SILVA, W. J. Desempenho do gergelim em função da adubação NPK e do nível de fertilidade do solo. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 32, n.1, p. 93-98, 2010.

PETERSEN, C.T.; JENSEN, H. E.; HANSEN, S.; BENDER, K. C. Susceptibility of a sandy loam soil to preferential flow as affected by tillage. **Soil Tillage Research**, v.58, p. 81-89, 2001.

QUEIROGA, V. P.; SILVA, O. R. R. F. **Tecnologias utilizadas no cultivo do gergelim mecanizado**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2008. p. 142. (Embrapa Algodão. Documentos, 203).

REICHERT, J. M.; REINERT, D. J.; BRAIDA, J. A. Qualidade dos solos e sustentabilidade de sistemas agrícolas. **Revista Ciência & Ambiente**, n. 27, p. 29-48, 2003.

RINCÓN, C. A.; SALAZAR, N. Descripción de las etapas de desarrollo del ajonjolí. **Revista Agronomía Tropical**, Maracay, v. 47, n. 4, p. 475-487, 1997.

RHOADES, J. D; KANDIAH, A.; MASHALI, A. M. **Uso de águas salinas para produção agrícola**. Tradução de GHEY, H.R.; SOUZA, J.R.; QUEIROZ, J. E. Campina Grande, UFPB, 1992. p.117. (Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 48).

RIGHETO, A. M. **Hidrologia e recursos hídricos**. São Carlos: EESC/USP, 1998. p. 840.

SANTOS, M. S.; BARROA, H.M.M.; MARTINS, E.S.C.S.; SAMPAIO, M.V.; LIMA, V.L.A.; BELTRÃO, N.E.M.; SAMPAIO, F.M.A.S. Irrigação com efluente do reator UASB em duas cultivares de gergelim no semiárido paraibano. **Revista Tecnologia e Ciência Agropecuária**, João Pessoa, v. 4, n.1, p. 27-30, 2010.

SEQUINATTO, L.; COPETTI, A. C. C.; REICHERT, J. M.; RHEINHEIMER, D. S.; REINERT, D. J.; KAISER, D. R.; CORCINI, A. L. M. Concentração de fósforo na água e no sedimento produzido numa chuva em pequena bacia hidrográfica produtora defumo. **VI Reunião Sul-Brasileira de Ciência do Solo**. Passo Fundo - RS, 2006.

SEVERINO, L.S.; BELTRÃO, N.E.M.; CARDOSO, G.D.; FARIAS, V.A.; LIMA, C.L.D. Análise do crescimento e fenologia do gergelim cultivar CNPA G4. **Revista Brasileira de oleaginosas e fibrosas**. v.6, n.3, p. 599-608, 2002.

SILVA, L. C.; SANTOS, J.W.; VIEIRA, D.J.; BELTRÃO, N.E.M.; ALVES, I.J.F. Um método simples para se estimar a área foliar de plantas de gergelim (*Sesamum indicum L.*). **Revista de Oleaginosas e Fibrosas**, Campina Grande, v. 6, n.1, p. 491-496, 2002.

SILVA, C. L. (Org.). **Desenvolvimento sustentável: um modelo integrado e adaptativo**. Petrópolis: Editora vozes, 2008. p. 176.

SOUZA, J. T.; CEBALLOS, B.S.O.; HENRIQUE, I.H.; DANTAS, J.P.; LIMA, S.M.S. Reúso de água residuária na produção de pimentão (*Capsicum annuum L.*). **Revista Brasileira Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 10, n. 1, p. 89-96, mar. 2006. ISSN 1415-4366.

TELLES, D. A. Água na agricultura e pecuária. In: REBOÇAS, A. C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J.G. (Org.). **Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação**. São Paulo: Escrituras, 2006. p. 305-337.

TELLES, D. A.; COSTA, R. H. P. G. **Reúso da água: conceitos, teorias e práticas**. São Paulo: Editora Blucher, 2007. p. 311.

TSUTIYA, M. T. Alternativas de disposição final de biossólido. In: TSUTIYA, M.T. et al. **Biossólidos na agricultura**. São Paulo: SABESP, 2001. p. 133-180.

TSUTIYA, J. B.; COMPARINI, J.; ALEM SOBRINHO, P.; HESPANHOL, I.; MELO, W. J. ; MELFYI, A. J.; VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. Universidade Federal de Minas Gerais, 2005, 452p.

VALENTI, W. C. Aquaculture for sustainable development. In: VALENTI, W. C. et al. (Eds.). **Aquicultura no Brasil, bases para um desenvolvimento sustentável**. Brasília: CNPQ/Ministério da Ciência e Tecnologia, 2000. p. 17-24.

VEIGA, J.E. **O que é reforma agrária?**. São Paulo: Abril Cultural/Brasiliense, 1984.

VIEIRA, D.J.; AZEVÊDO, D.M.P. ; BELTRÃO, N.E.M.; NOBREGA, L.B. **Estudo de período crítico de competição de plantas daninhas e da adubação nitrogenada na cultura do gergelim em regime de sequeiro**. Centro Nacional de Pesquisa do Algodão. Relatório técnico anual. Campina Grande, p.460- 461,1994.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. Minas Gerais: Universidade Federal de Minas Gerais, 2005. p. 452.

WHO. **Guidelines for the use of wastewater, excreta and greywater**. Vol. 2. Wastewater use in agriculture. Geneva: World Health Organization, 2006.

APENDICE A – Questionário socioeconômico



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE**  
**CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS**  
**PROGRAMA DE PÓS - GRADUAÇÃO EM RECURSOS NATURAIS**



**QUESTIONÁRIO SOCIOECONÔMICO**

**Local de aplicação:** Agrovila de Canudos

**Projeto:** Avaliação da sustentabilidade da cultura do gergelim BRS seda irrigado com água do rejeito de tanques de piscicultura na agrovila de canudos, Ceara-Mirim-RN.

**Autor:** José Américo de Souza Grilo Jr

**Orientador:** Dr. Pedro Vieira de Azevedo

**Etapa do Projeto:** Pesquisa de campo

Aplicado por: Thiago Américo - Técnico em Agricultura residente na Agrovila

**Data:** Março de 2012

**Descrição:** Este questionário sócio econômico com os moradores objetiva traçar o perfil dos moradores da Agrovila de Canudos, compará-lo com outros assentamentos e fazer intervenções no sentido de melhorar sua qualidade de vida:

- 1- Números de pessoas residentes na família? .....
- 2- O chefe da família é oriundo de qual município? .....
- 3- Qual a atividade praticada pelo chefe de família antes de se instalar em Canudos?  
 .....
- 4- Qual a idade, sexo e escolaridade de cada membro da família?
- 5- Qual o estado civil do chefe da família?
  - a) Casado ( ) b) solteiro ( ) c) desquitado ( ) d) viúvo ( ) e) outros, especificar  
 .....
- 6- Qual a sua religião?
  - a) Católica ( ) b) evangélica ( ) c) espírita ( ) d) outras, especificar.....
- 7- Há quanto tempo reside na agrovila de Canudos? ..... Em que município seus filhos estudam.....
- 8- Quais dos itens abaixo existem na Agrovila de Canudos?

- a) Escolas 1 a 4 série-fundamental I ( ) b) Escolas 5 a 8 série-Fundamental II( ) c) Escolas de 2 grau-Ensino Médio ( ) d) posto de saúde ( ) e) posto policial ( )
- 9- Sua família recebe algum tipo de ajuda do governo?  
a) sim ( ) b) não ( )
- 10- Se sim, qual o tipo de auxílio e o valor? .....
- 11- Você faz parte da cooperativa de Canudos (COOPEC)  
a) Sim ( ) b) não ( )
- 12- Se sim, você Participa das reuniões da cooperativa de Canudos?  
a) Sempre ( ) b) raramente ( ) c) algumas vezes ( ) d) nunca ( )
- 13- Qual a sua principal atividade econômica? .....
- 14- Qual a renda média familiar mensal, em reais? .....
- 15- Que atividades compõe sua renda familiar?  
Agricultura .....  
Pecuária .....  
Tilapicultura .....  
Outros, especificar.....
- 16- Você está satisfeito por morar em Canudos  
a) Sim ( ) b) não ( )
- 17- Qual a sua principal atividade econômica? .....
- 18- Quais os tipos de entretenimento (diversão) existente na Agrovila ?  
.....
- 19- Qual o tipo de transporte você utiliza para se deslocar?  
a) Carro ( ) b) moto( ) c) bicicleta ( ) d) carroça de boi( ) d) ônibus( ) e) outros, especificar.....
- 20- Qual a procedência da água que você bebe:  
a) De poço ( ) b) de lagoa ( ) c) cacimba ( ) d) de cisterna ( ) e) mineral ( ) e) outros, especificar .....
- 21) Você sabe se a água que você bebe passa por algum tipo de tratamento?  
a) sim ( ) b) não ( )
- 23) Você pratica agricultura de:  
a) sequeiro ( ) b) irrigada ( ) c) ambas ( )
- 24) Você utiliza agrotóxicos na agricultura  
a) sim ( ) b) não ( )

- 25) Quais os métodos ou técnicas você utiliza no seu plantio?  
a) queimadas ( ) b) análise do solo ( ) c) análise da água ( ) d) irrigação ( )  
e) fertilizantes químicos ( ) f) adubação orgânica ( ) e) outros, especificar...
- 26) Qual o destino do lixo gerado em sua residência?  
a) quintal da casa ( ) b) aterro sanitário ( ) c) aterro sanitário ( ) d) lixão ( )  
e) outros, especificar .....
- 27) Você está satisfeito por morar em Canudos?  
a) sim ( ) b) não ( )
- 28) Você acha que melhorou de vida, depois que se instalou em canudos?  
a) sim ( ) b) não ( )
- 29) Na sua opinião o que seria necessário para melhorar sua vida em Canudos?  
.....
- 30) Em sua residência quais os tipos de eletrodomésticos você possui?  
a) geladeira ( ) b) TV LCD ( ) c) fogão à gás ( ) d) ventilador ( ) e) som ( )  
d) ar condicionado ( )
- 31) Qual seu principal sonho de consumo?  
.....