

Uso de água cinza filtrada em sistemas de gotejamento na agricultura familiar

The use of filtered gray water in family farming drip systems

Uso de água gris filtrada en sistemas de goteo en la agricultura familiar

Recebido: 30/06/2020 | Revisado: 04/07/2020 | Aceito: 12/07/2020 | Publicado: 30/07/2020

Paulo Romário Calixto da Silva

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1909-6108>

Universidade Federal Rural de Pernambuco, Brasil

E-mail: pauloromario2233@gmail.com

Genival Barros Júnior

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0042-1633>

Universidade Federal Rural de Pernambuco, Brasil

E-mail: barrosjunior@yahoo.com.br

Hugo Felipe da Silva

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3594-9713>

Universidade Federal Rural de Pernambuco, Brasil

E-mail: hugoagroecologia00@gmail.com

Eduardo Soares de Souza

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5488-5284>

Universidade Federal Rural de Pernambuco, Brasil

E-mail: Eduardo.souza.rd@gmail.com

Rivaneide Ligia Almeida Matias

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8451-1112>

Centro de Desenvolvimento Agroecológico Sabiá, Brasil

E-mail: riva.ligia@gmail.com

Resumo

A demanda por água tem levado os pequenos agricultores a buscarem soluções locais para aumentar a oferta deste insumo aos cultivos, fato que tem impulsionado o uso de águas residuárias nas comunidades rurais do semiárido, com destaque para a utilização da água cinza. O presente estudo de caso, que envolve investigações quantitativas e qualitativas, buscou estudar a eficiência da aplicação da água cinza filtrada a partir da avaliação e

qualificação do uso de sistemas pressurizados e localizados na condução e distribuição desta água em agroecossistemas de produção agrícola familiar. Os trabalhos foram realizados entre Agosto e Dezembro de 2018 em comunidades rurais das cidades de Ouricuri, Triunfo e Flores no Estado de Pernambuco. Os dados coletados e analisados sobre a performance dos sistemas de gotejamento abastecidos com água cinza filtrada permitiram aferir o desempenho técnico dos mesmos no tocante a uniformidade de distribuição e eficiência da aplicação da água. Neste contexto foi possível concluir que o baixo volume de água cinza produzida para o bombeamento condiciona os agricultores a adotarem turnos de rega elevados e aplicação de lâminas de água de baixa intensidade. Por outro lado, a utilização da água cinza filtrada pelas famílias, em seus quintais produtivos, contribui significativamente para diminuir o lançamento aleatório deste efluente potencialmente poluente no meio ambiente.

Palavras-chave: Água residuárias; Semiárido; Escassez hídrica; Irrigação.

Abstract

The demand for water has led small farmers to seek local solutions to increase the supply of this input to crops, a fact that has driven the use of wastewater in rural communities in the semiarid region, with emphasis on the use of gray water. The present case study, which involves quantitative and qualitative investigations, sought to study the efficiency of the application of filtered gray water to from the evaluation and qualification of the use of pressurized systems and located in the conduction and distribution of this water in agroecosystems of family agricultural production. The work was carried out from August to December 2018 in rural communities of the cities of Ouricuri, Triunfo and Floresta in the State of Pernambuco. The data collected and analyzed about the performance of drip systems supplied with filtered gray water, within which flows offered, working pressure of the emitters, volumes of water produced and stored and its quality for irrigation, allowed to assess the technical performance of these systems with regard to distribution uniformity and water application efficiency. In this context it can be concluded that the low volume of grey water produced for pumping conditions farmers to adopt high watering shifts and application of low intensity water blades. A uniformity of distribution and the efficiency of water application, along the lines of the systems located in small areas, are classified from regular to good. The use of filtered grey water by families in their productive backyards contributes to significantly to decrease the random release of this effluent potentially environmental pollutant.

Keywords: Wastewater; Semiarid; Water shortages; Irrigation.

Resumen

La demanda de agua ha llevado a los pequeños agricultores a buscar soluciones locales para aumentar el suministro de este insumo a los cultivos, un hecho que ha impulsado el uso de aguas residuales en las comunidades rurales de la región semiárida, con énfasis en el uso de aguas grises. El presente estudio de caso, que incluye investigaciones cuantitativas y cualitativas, trató de estudiar la eficiencia de la aplicación de aguas grises filtradas a partir de la evaluación y calificación del uso de sistemas presurizados ubicados en la conducción y distribución de este agua en agroecosistemas de producción agrícola familiar. El trabajo se llevó a cabo entre agosto y diciembre de 2018 en comunidades rurales de las ciudades de Ouricuri, Triunfo y Flores en el estado de Pernambuco. Los datos recogidos y analizados sobre el rendimiento de los sistemas de goteo suministrados con agua gris filtrada permitieron medir su rendimiento técnico en cuanto a la uniformidad de distribución y eficiencia de la aplicación de agua. En este contexto, fue posible concluir que el bajo volumen de agua gris producida para las condiciones de bombeo de los agricultores adoptó cambios de riego elevados y la aplicación de profundidades de agua de baja intensidad. Por otro lado, el uso de agua gris filtrada por las familias en sus patios traseros productivos contribuye significativamente a la liberación aleatoria de este efluente potencialmente contaminante en el medio ambiente.

Palabras clave: Aguas residuales; Árido; Escasez de agua; Riego.

1. Introdução

O Sertão do Pajeú e do Araripe está localizado no Semiárido brasileiro que é reconhecidamente caracterizado por apresentar um quadro de irregularidade temporal e espacial de chuvas, além de apresentar um déficit hídrico anual em função das baixas médias pluviométricas quando comparadas com a evapotranspiração potencial registrada na região (Xavier, 2016). Essas condições climáticas adversas impulsionaram, ao longo do tempo, iniciativas públicas e privadas para a construção de barramentos em diversos pontos da calha dos Rios Pajeú e Brígida, bem como dos seus tributários, represando a água com a finalidade de suprir de imediato as necessidades da população local. A partir destes barramentos muitos agricultores passaram a irrigar pequenas áreas onde produzem alimentos que contribuem para melhorar a segurança alimentar e a renda de suas famílias (Lazia, 2012).

Por outro lado, mesmo com a existência de inúmeros barramentos, o aumento da demanda por água tem levado os agricultores, e seus assessores técnicos ligados as ONG's e

as instituições oficiais de ATER, a buscarem soluções locais para aumentar a oferta deste importante insumo para os cultivos, fato que já tem impulsionado o uso de águas residuárias, em pequena escala, em muitas comunidades ou sítios da região. Com a reutilização da água residuária o produtor rural passa a ter uma nova opção de utilização de água antes descartada e já disponível na sua propriedade (Santos et al., 2012).

Neste aspecto ganha importância a reutilização da água cinza, uma vez que diminui o lançamento da água contaminada e de forma concentrada em áreas adjacentes as residências rurais, o que evita a poluição/contaminação dos pequenos reservatórios superficiais e do lençol subterrâneo (Rebêlo, 2011). A água utilizada de forma incorreta, seja ela de boa qualidade ou não, impacta diretamente no meio ambiente e nos seres que nele habitam, degradando principalmente os solos que, uma vez impactados, precisam passar por processos de recuperação que são reconhecidamente lentos e onerosos (Feitosa, 2016).

A utilização ou reutilização da água, mesmo de forma rigorosa, já propicia ao longo do tempo complicações aos solos cultivados, como é o caso da salinização secundária, o que obriga ao irrigante tomar cuidados especiais, devendo fazer parte da rotina dos agricultores o monitoramento desta água e dos sistemas por ele instalado para condução da água a região do sistema radicular das plantas (Rebêlo, 2011).

A ausência de informações consistentes sobre a eficiência da aplicação da água cinza filtrada justificou a realização do presente trabalho, permitindo assim avaliar e qualificar o uso de sistemas pressurizados e localizados na condução e distribuição desta água em agroecossistemas de produção agrícola familiar no Sertão do Estado de Pernambuco.

2. Material e Métodos

O presente estudo de caso (Pereira et al., 2008) descreve e analisa as particularidades que envolvem o uso da água cinza filtrada, pressurizada em sistemas de gotejamento e distribuída em pequenas áreas cultivadas de quintais produtivos, cujas bases contemplam investigações de caráter quantitativo em função da captação e mensuração de informações de campo que deram origem a um banco de dados, posteriormente submetidos a análise a partir de técnicas e equações matemáticas dedicadas. Por envolver ainda a descrição dos aspectos técnicos das estruturas de irrigação no próprio ambiente de estudo, a presente metodologia também lançou mão de uma análise qualitativa que permitiu auferir acuidade ao processo de análise dos pontos investigados.

O trabalho aqui apresentado foi realizado nos municípios de Flores e Triunfo, mais precisamente nas comunidades de Poço Grande, Lagoa da Favela, Espírito Santo e Sítio do Grito, todas inseridas dentro da Bacia Hidrográfica do Rio Pajeú e ainda nos municípios de Ouricuri e Exu, englobando as comunidades rurais do Cal, Cova do Anjo, Serra dos Paus Doías, Serra do Araripe e Sítio Tanque dos Bernardos, localizadas na área de captação da Bacia Hidrográfica do Rio Brígida, no período de Agosto a Dezembro de 2018.

2.1 Descrição dos sistemas de Reutilização de Água Cinza [RAC] instalados nas áreas irrigadas pequenos agricultores

A tecnologia de reuso voltada para a prática da irrigação instalada nas áreas de estudo (Quadro I) contempla um sistema capaz de promover a filtragem física dos materiais presente na água cinza destinadas aos cultivos e distribuídas às plantas a partir de sistemas localizados, sistemas este que foram instalados nas áreas agrícolas das famílias beneficiadas numa parceria firmada entre o Centro Sabiá/CAATINGA e a CARITAS Suíça.

Quadro I. Caracterização do sistema RAC implantado pelo Centro Sabiá/CAATINGA.

Componente	Descrição / Função
Caixa de gordura	Localizada entre as tubulações de captação das águas advindas da cozinha, do chuveiro e da pia do banheiro e da lavanderia de roupas e o filtro do sistema, destinado a separar partículas mais grosseiras e a gordura provenientes das atividades domésticas, reduzindo na água sedimentos maiores antes de ser submetida ao processo de filtragem, diminuindo a chance de entupimentos da tubulação de chegada e do próprio filtro aumentando sua vida útil e eficiência.
Filtro adaptado em caixa de PVC com capacidade para 500 litros	Contém camadas de areia, brita e carvão vegetal que se destinam a impedir a passagem de materiais sólidos que não foram retidos na caixa de gordura, de forma a melhorar a qualidade da água ofertada para o bombeamento, reduzindo o risco de obstruções no sistema de irrigação.
Tanque de armazenamento circular	Apresenta dimensões de 1,0m de altura x 1,5m de diâmetro com capacidade para armazenar 1,7 m ³ , recebe o efluente filtrado e permite o armazenamento de uma carga hidráulica mínima que pode ser bombeada para o sistema localizado de irrigação. Sua construção se deu em uma área mais baixa que o filtro de forma a permitir a passagem da água filtrada para o seu interior usando a energia gravitacional.
Bomba centrífuga de 0,5 CV	Destinada a captação e recalque da água do tanque de armazenamento para o sistema de irrigação localizado.
Cabeçal de controle	Composto por 01 registro de gaveta, 01 filtro de disco que aumentam o rigor na filtragem da água destinada as linhas de irrigação cujos emissores têm aberturas milimétricas.
Hidrômetro	Destinado a computar de forma cumulativa o volume de água captado e aduzido durante o ciclo dos cultivos nas áreas cultivadas.
Sistema de gotejamento	Emissores espaçados entre 20 e 30 cm na linha, que por sua vez estão distanciadas de 2 em 2 metros uma da outra, irrigando uma área de aproximadamente 1250 m ²

Fonte: Autores

Os ensaios foram realizados em 10 % dos sistemas de irrigação instalados (num total de 100 entregues nas regiões do Pajeú e Araripe) e que irrigam pequenas áreas cultivadas nos moldes dos sistemas agroflorestais (SAFs), conduzidos por pequenas famílias agricultoras

beneficiadas pela parceria entre o Centro Sabiá/CAATINGA e a CARITAS Suíça. Desta forma foram levantadas as condições operacionais dos sistemas de irrigação em áreas de 05 famílias no Sertão do Pajeú e 05 no Sertão do Araripe,

Na etapa inicial dos trabalhos realizou-se visitas as áreas previamente escolhidas pelas ONG's para identificação das famílias irrigantes, apresentação dos objetivos do trabalho e solicitação da permissão para o estudo das mesmas, para numa fase seguinte proceder a coleta dos parâmetros técnicos dos sistemas de irrigação em funcionamento e aferição quanto à eficiência do uso da água.

2.2 Avaliação das condições técnicas e aferições dos sistemas localizados de irrigação

Após definidas as áreas de trabalho procedeu-se o levantamento de dados da estrutura hidráulica dos sistemas de irrigação, enfatizando espaçamento entre linhas e entre emissores, a tipologia e características técnicas do emissor, vazão projetada nominal e vazão coletada nos emissores, pressão de serviço projetada e medida no campo, ocorrência de vazamentos. Para determinação da vazão dos emissores e da pressão de trabalho dos mesmos, foram utilizados instrumentos apropriados de acordo com metodologias específicas de uso para cada equipamento.

Os procedimentos aplicados para coleta dos dados em campo, destinados a determinação do coeficiente de uniformidade e de eficiência de aplicação da água, a partir das vazões coletadas nos emissores, estão descritos a seguir, conforme metodologia proposta por Keller e Karmeli (1975), onde entre as linhas laterais instaladas quatro foram escolhidas, sendo: 1) a primeira linha lateral do setor; 2) a linha lateral situada a 1/3 do comprimento da linha de derivação; 3) a linha lateral situada a 2/3 do comprimento da linha de derivação e 4) a última lateral do setor.

Nestas linhas laterais previamente identificadas foram monitorados quatro emissores em cada uma delas, em bom funcionamento, totalizando 16 emissores na coleta, sendo: a) o 1º gotejador da linha; b) o 2º gotejador situado a 1/3 da linha; c) o 3º gotejador situado a 2/3 da linha e d) o último gotejador da linha.

A Figura 1 apresenta o esquema de distribuição dos coletores de vazão nas linhas laterais de gotejamento.

fim, foram coletadas amostras de água de cada RAC familiar para análise da Condutividade Elétrica (CE) e do potencial Hidrogeniônico (pH), de forma a classificá-la quanto a qualidade para fins de irrigação.

3. Resultados e Discussão

O tempo médio ininterrupto de funcionamento dos sistemas, durante a realização dos testes para coleta dos dados de vazão e pressão de trabalho, foi de 54 minutos, tempo este próximo aos 60 minutos estabelecidos pelas normas técnicas para uma boa qualificação dos resultados em avaliação de sistemas pressurizados de irrigação (Netafim, 2017). Constata-se aqui, que a depender do número de membros da família e de sua dinâmica no tocante aos hábitos de higiene pessoal e dos ambientes, o quantitativo de água cinza gerada varia consideravelmente no tocante ao tempo de recarga dos reservatórios de acumulação, impactando no tempo de funcionamento ininterruptos das bombas e do próprio sistema (Feitosa, 2016).

Os sistemas hidráulicos dimensionados e instalados nas pequenas áreas agrícolas familiares, avaliados no presente trabalho, estão descritos na Tabela 1, bem como as características da tubulação com as respectivas áreas úteis irrigadas por família.

Tabela 1. Caracterização dos sistemas de gotejamento instalados nas regiões do Pajeú e do Araripe.

Família/ Localidade	Comprimento da rede adutora (m)	Nº de linhas laterais	Distância média entre as linhas laterais (m)	Espaçamento entre emissores (m)	Comprimento médio das linhas laterais (m)	Área média útil irrigada (m ²)	Pressurização da rede
Vale do Rio Pajeú							
(FP 01) - Poço Grande (Flores)	56,0	06	5,5	0,30	33	1089	Bombeamento
(FP 02) - Espírito Santo (Triunfo)	58,0	10	1,2	0,30	43,5	522	Bombeamento
(FP 03)- Grito (Triunfo)	31,0	04	4,25	0,30	45,50	773,5	Gravidade (Declividade do solo)
(FP 04) - Lagoa da Favela (Flores)	45,0	06	3,2	0,30	33	634	Bombeamento
(FP 05) - Poço Grande (Flores)	9,20	06	4,4	0,30	27	713	Bombeamento
Vale do Rio Brigida							
(FA 01)- Cal (Ouricuri)	10,3	05	8,6	0,20	30	1290	Bombeamento
(FA 02) - Tanque dos Bernardos (Ouricuri)	13,0	06	7,2	0,20	25	1080	Bombeamento
(FA 03) - Cova do Anjo(Ouricuri)	18,1	08	6,4	0,20	23	1178	Gravidade (Elevatória)
(FA 04) - Serra dos Paus Doias (Exu)	40,0	04	5,4	0,20	50	1080	Gravidade (Elevatória)
(FA 05) - Serra do Araripe (Exu)	33,4	06	4,3	0,20 e 0,30*	48	1238	Bombeamento

Nota. FP – Família Pajeú; FA – Família Araripe; * Microtubo instalado pela família para aumentar a abrangência da área irrigada.

Fonte: Autores.

Os tubos utilizados na confecção das linhas principais e de derivação são de PVC, destinados ao uso residencial, com 32 mm de diâmetro. Na região do Sertão do Pajeú as fitas gotejadoras são de fabricação Irritec (2012), sendo que, no Sertão do Araripe estas foram fabricadas pela Netafim (2017), ambas com diâmetro interno de 16,0 mm. As motobombas, do tipo centrífuga, cuja potência é de 0,5 CV de fabricação Gamma, adicionam a água um pequeno acréscimo de energia em forma de pressão e velocidade ao circular no sistema.

O quantitativo de linhas nas áreas irrigadas variou em função do tamanho da área útil que cada família dispõe para o trabalho; esta variação no número de linhas laterais torna-se importante, pois, quanto maior for este número maior serão as perdas de carga no sistema, menores as pressões disponíveis para o trabalho e maior custo de instalação do sistema (Rogério et al., 2013).

As condições gerais de operação dos sistemas durante a realização dos testes de vazão e de pressão apresentaram-se satisfatórias para os padrões técnicos exigidos; as exceções ficaram por conta de 02 vazamentos detectados nas linhas principais da FP – 01 em Poço Grande (Flores), na FP – 04 em Lagoa da Favela (Flores) e na FA – 05 na Serra do Araripe (Exu), como também nas linhas laterais de gotejo onde detectou-se 11 vazamentos na área da FP – 04 em Flores, provocado pelo ataque de roedores nativos da Mata de Caatinga em busca de água para beber, face ao período extremamente seco registrado ao longo da avaliação.

Destaque-se ainda que na área da FA – 05, na Serra do Araripe, onde a família decidiu por instalar um envoltório de pano na válvula de pé no final da sucção, na tentativa de evitar o entupimento contínuo do filtro de tela em função do crescimento de algas e de larvas de mosquitos dentro reservatório, o que provocou um transiente hidráulico (Coelho et al., 2013), com consequente entrada de ar na sucção, tornando imperativa a realização contínua de escorvamento da bomba, provocando paradas no sistema a cada 15 minutos de funcionamento.

Estes são aspectos importantes que podem limitar a uniformidade de aplicação da água com impacto direto sobre a variabilidade na vazão dos gotejadores e que se agrava com o passar do tempo em caso de ocorrência de obstruções nos emissores (Feitosa, 2016).

Na Tabela 2 são apresentados os dados médios obtidos durante a realização dos testes para pressão de trabalho dos sistemas e vazão ofertada pelos emissores.

Tabela 2. Valores médios da pressão de trabalho, vazão dos emissores e lâminas aplicadas obtidos durante a realização dos testes.

Família agricultora/localidade	Fabricante	Pressão média no final da linha		Vazão média dos emissores (l/h)	Lâmina média aplicada/área irrigada (mm/h)
		MCA			
		Primeira	Última		
FP 01 - Poço Grande (Flores)		7,0	7,0	1,39	0,14
FP 02 - Espírito Santo (Triunfo)		4,0	0,0	1,02	0,14
FP 03 - Grito (Triunfo)	IRRITEC	6,0	21,0	1,53	0,30
FP 04 - Lagoa da Favela (Flores)		2,0	0,0	0,76	0,13
FP 05 - Poço Grande (Flores)		8,0	11,0	1,26	0,16
FA 01 - Cal (Ouricuri)		5,0	9,0	1,24	0,10
FA 02 -Tanque dos Bernardos (Ouricuri)		3,0	10,0	1,04	0,08
FA 03 - Cova do Anjo (Ouricuri)	NETAFIM	0,0	0,0	0,58	0,04
FA 04 - Serra dos Paus Doíás (Exu)		0,0	0,0	0,64	0,10
FA 05 - Serra do Araripe (Exu)		0,0	0,0	0,31	0,04

Nota. MCA: metro de coluna de água (m); FP – Família Pajeú; FA – Família Araripe.
Fonte: Autores.

A análise da Tabela 2 permite constatar que entre as áreas avaliadas no Vale do Rio Pajeú, duas apresentam ganho de energia hidráulica ao longo do sistema, o que as coloca dentro da faixa de operação estabelecida pelo fabricante das fitas de emissores (Irritec, 2012), sendo um deles pressurizado pela bomba de 0,5 CV (FP 05 - Poço Grande) e outro, cujo sistema é pressurizado pela diferença de nível entre o reservatório e as linhas de gotejamento (FP 03 - Sítio Grito), com um desnível entre a saída do reservatório e a última linha de gotejo do sistema que chega a 40 metros, dispensando o uso da bomba centrífuga.

Segundo dados fornecidos pelo fabricante, o tubo com gotejador plano de 16,0 mm de diâmetro interno, necessita de uma pressão de trabalho que se enquadre no intervalo de 7,8 a 16,6 MCA para atender as vazões nominais projetadas para os emissores em condições normais de funcionamento (Irritec, 2012).

Em relação aos demais sistemas que operaram com pressões de trabalho abaixo do recomendado pelas especificações técnicas para o equipamento, destacam-se aqui o caso da área da FP 02 em Espírito Santo que, pelo posicionamento da área de cultivo em relação ao reservatório de acumulação, demandou um comprimento de adução de 58 metros (Tabela 1), distância está que provavelmente estrangulou a capacidade de pressurização da bomba projetada para o sistema, aspecto reforçado por Souza e Rodrigues (2018), quando afirma que este tipo de problema pode ser gerado por uma má estruturação inicial do projeto.

Este distanciamento entre a captação e as linhas de gotejo também pode ter contribuído para a ausência de pressão no final das linhas de gotejo na área a FP – 04, com o agravante da permanência dentro do sistema de fitas perfuradas e com um significativo

número de vazamentos em função do ataque dos roedores, o que contribuiu para desequilibrar hidraulicamente o sistema causando queda de pressão e afetando a eficiência de aplicação da água (Xavier, 2016).

No tocante as pressões médias obtidas durante as avaliações nas áreas em funcionamento do Vale do Rio Brígida (Tabela 2), instalados com componentes da fabricante Netafim (2017), segundo a qual a faixa de pressão de trabalho dos emissores deve ficar em 9,8 MCA para uma vazão nominal de 1,0 l/h, apenas dois sistemas alcançaram pressões neste patamar (ambos pressurizados por bombas centrifugas).

Os demais sistemas apresentaram pressões irrisórias que não foram capazes de ser mensuradas pelos manômetros, cabendo aqui destacar que nas famílias FA – 03 e 04a pressurização dos sistemas depende unicamente da carga hidráulica gerada por um reservatório elevado, construídos pelas famílias entre o reservatório de água cinza filtrada e o cabeçal de entrada da água na área a ser irrigada (Tabela 1), cuja altura era de 2,0 metros.

Ao considerarmos que o fabricante recomenda uma pressão de trabalho de 9,8 MCA para os sistemas instalados nestas áreas, a diferença de altura de 2 m entre a caixa elevada e o ponto final do sistema encontra-se muito abaixo do padrão técnico exigido para atender a demanda, uma vez que a pressão da água dentro do sistema dependerá do aporte de energia hidráulica fornecida a água por uma bomba ou por um desnível, cuja distância vertical em metros, de qualquer ponto de circulação da água dentro do sistema ao nível da superfície livre da água no reservatório, seja suficiente para energizar a água fornecendo-lhe cargas de pressão e velocidade (Dalmonech, 2018).

Na análise da Tabela 2 também chama a atenção a ausência de pressão na área da família FA – 05, que optou por ampliar a abrangência do sistema a partir da introdução de mais duas linhas compostas por microtubos com gotejadores espaçados em 0,30 metro e diâmetro interno de 5,5 mm, cujas especificações são totalmente diferentes das linhas de gotejo originalmente instaladas. Ampliações sem as devidas compatibilidades técnicas entre componentes do sistema e a exigência de uma maior potência da bomba, sem que esta seja substituída, provoca a dissipação da carga hidráulica ao longo das linhas, afetando sensivelmente a pressão de trabalho e a vazão dos emissores(Lima et al., 2017).

No geral as baixas pressões de trabalho refletiram na vazão média medida nos emissores (Tabela 2), ficando 04 destes sistemas bem abaixo de 1,0 l/h; de acordo com as especificações técnicas do fabricante (Netafim,2017), seus gotejadores podem liberar vazões que devem variar de 0,8 a 2,2 l/h, em função da pressão de trabalho do sistema, o mesmo ocorrendo para a Irritec (2012), cujo emissor pode gotejar de 0,8 a 1,5 l/h.

Segundo Lima et al. (2017) na irrigação por gotejamento os pequenos agricultores fazem opção pelo uso das fitas gotejadoras por ofertarem um baixo volume de água, que reflete no custo final do sistema tornando-os mais barato, apesar de possuir uma menor durabilidade quando opera em condições de campo. Segundo ainda estes autores, a variação na vazão está diretamente relacionada com parâmetros importantes, entre os quais se destacam a pressão de serviço do emissor e o entupimento dos emissores, que podem influenciar na eficiência de aplicação da água, dificultando a uniformização da umidade no solo, afetando assim a produtividade do cultivo.

A instalação dos hidrômetros na saída do recalque e as anotações dos volumes bombeados a cada evento de irrigação possibilitou quantificar o volume de água bombeado e o tempo de retorno para efetivação dos eventos de irrigação sucessivos nas áreas cultivadas, o que caracterizou um turno de rega (TR) possível a partir da dinâmica de produção da água cinza por cada família que utiliza o RAC. É sabido que uma das características da água residuária cinza, produzida a partir do uso doméstico da água potável, é o baixo volume gerado e acumulado ao longo do tempo, fato que limita a sua utilização em regime contínuo, por tempos prolongados e, principalmente, que demandem elevados volumes de água (Feitosa, 2016).

Contata-se, a partir da análise dos dados da Tabela 3, o baixo volume de água cinza originado pela dinâmica das residências das famílias na região do Pajeú, o que gera um longo intervalo de tempo para recarga do reservatório, fator que impacta diretamente nos turnos de regas para a efetiva realização de eventos de irrigação consecutivos numa mesma área, limitando ainda o tempo de bombeamento da água para o sistema e, conseqüentemente, na aplicação da água no solo nas áreas de cultivo.

Tabela 3. Dinâmica da produção e do uso da água cinza na irrigação dos cultivos.

Família/Localidade	Volume médio de água cinza produzida (m ³ /semana)	Tempo médio de bombeamento em função da água armazenada (minutos)	Turno de rega (dias)
FP 01 - Poço Grande (Flores)	1,30	98	7,0
FP 02 - Espírito Santo (Triunfo)	0,60	62	6,0
FP 03 - Grito (Triunfo)	1,40	*	7,5
FP 04 - Lagoa da Favela (Flores)	0,96	56	8,5
FP 05 - Poço Grande (Flores)	1,24	102	8,0
Média	1,10	79,5	7,4

Nota. *Sistema pressurizado por gravidade.
Fonte: Autores.

Santos et al. (2012) alertam que o dimensionamento da área a ser irrigada por águas residuárias deve ser proporcional ao volume de água produzido na residência, uma vez que a baixa quantidade de água cinza gerada inviabiliza a irrigação de grandes áreas. Segundo ainda estes autores, na grande maioria destas áreas a irrigação atende a pequenos quintais produtivos, os quais são estratégicos para a produção “in natura” de alimentos de boa qualidade, priorizando-se frutíferas e forragens.

Na Tabela 4 estão relacionados importantes parâmetros referenciais no tocante ao nível de salinidade da água cinza oriunda das residências dos produtores rurais e utilizada para o abastecimento dos sistemas de gotejamento.

Tabela 4. Caracterização da água cinza filtrada utilizada pelas famílias no tocante a Condutividade Elétrica (CE) e ao potencial Hidrogeniônico (pH)

Família/Localidade	pH	CE (dS/m)	Classe de água para irrigação*
Áreas na Bacia Hidrográfica do Rio Pajeú			
FP 01 - Poço Grande (Flores)	7,1	1,24	
FP 02 - Espírito Santo (Triunfo)	6,9	0,92	
FP 03 - Grito (Triunfo)	7,1	0,89	C ₃
FP 04 - Lagoa da Favela (Flores)	6,9	1,56	
FP 05 - Poço Grande (Flores)	7,3	1,36	
Áreas na Bacia Hidrográfica do Rio Brígida			
FA 01 - Cal (Ouricuri)	7,1	0,72	C ₂
FA 02 - Tanque dos Bernardos (Ouricuri)	7,0	1,02	C ₃
FA 03 - Cova do Anjo(Ouricuri)	7,3	0,41	C ₂
FA 04 - Serra dos Paus <u>Doijas</u> (Exu)	7,3	1,35	
FA 05 - Serra do Araripe(Exu)	6,8	0,77	C ₃

Nota. *Adaptado de “*Diagnosis and improvement of saline and alkali soils*,” de L. A. Richards, 1954, p. 160.

Fonte: Autores.

Segundo Almeida (2010), água classificada para irrigação como C₂ indica uma salinidade mediana, sugerindo o cultivo de plantas com moderada tolerância a salinidade com riscos que expiram cuidados, sendo necessário adotar práticas de manejo apropriadas e a instalação de sistemas de drenagem. Por outro lado, água classificada como C₃, classe à qual pertence a grande maioria da água cinza produzida pelas famílias acompanhadas, refere-se a uma salinidade alta, tornando obrigatório a implantação de sistemas de drenagem de forma a propiciar a lavagem permanente dos sais (Oliveira, 2017), além do uso de espécies vegetais de elevada tolerância a salinidade.

A aplicação dos modelos propostos por Clemmens e Solomon (1997) e Merriam e Keller (1978) aos dados das vazões coletadas ao longo das linhas de gotejo, permitiu aferir o desempenho dos sistemas no tocante a distribuição e a eficiência da aplicação da água, o qual encontram-se na Tabela 5.

Tabela 5. Avaliação qualitativa dos sistemas de irrigação por gotejamento abastecidos com água cinza filtrada.

Família /Localidade	Coefficiente de distribuição da água (CUD -%)	Classificação*	Eficiência de aplicação da água (EA - %)	Classificação*
Sertão do Pajeú				
FP 01 - Poço Grande (Flores)	95	Excelente	85	Bom
FP 02 –Esp. Santo (Triunfo)	76	Razoável	68	Ruim
FP 03 - Grito (Triunfo)	82	Razoável	74	Razoável
FP 04 – Lag. da Favela (Flores)	79	Razoável	71	Razoável
FP 05 - Poço Grande (Flores)	91	Excelente	82	Bom
Sertão do Araripe				
FA 01 - Cal (Ouricuri)	69	Ruim	62	Ruim
FA 02–T. Bernardos (Ouricuri)	77	Razoável	69	Ruim
FA 03–C. do Anjo (Ouricuri)	82	Bom	74	Razoável
FA 04 – S. Paus Dojás(Exu)	86	Bom	77	Razoável
FA 05 –Serra do Araripe (Exu)	42	Inaceitável	38	Inaceitável

Nota. *Adaptado de “Programa de Avaliação da Irrigação por Aspersão e Localizada,” de E.C. Mantovani (2001).

Fonte: Autores.

É importante notar que quanto mais baixos forem os valores para o Coeficiente de Uniformidade de Distribuição (CUD), pior será a capacidade do sistema de aplicar o volume de água projetado para a área irrigada. De acordo com que propõem Merriam e Keller (1978), CUD considerado excelente para irrigações localizadas deve ser superior a 90 %, patamar que no presente estudo foi superado por apenas 20 % dos sistemas analisados; outros 30 % alcançaram uma classificação considerada boa; os demais (50%) ficaram abaixo deste patamar e, portanto, são considerados regulares, ruins ou inaceitáveis.

No tocante a eficiência de aplicação da água (EA), segundo a classificação de Mantovani (2001), nenhum dos sistemas enquadra-se na excelência para este parâmetro; segundo ainda este mesmo autor 02 sistemas são classificados como bom (FP 01 e FP 05, situados em Poço Grande (Flores – Pajeú) e 04 são classificados como razoáveis. Os demais necessitam de ajustes hidráulicos importantes para melhorar a distribuição da água e a eficiência de sua chegada na zona radicular das culturas.

4. Conclusões

As condições operacionais dos sistemas de irrigação por gotejo, nos moldes que foram implantados pelos agricultores familiares e abastecidos por água cinza, atende com boa razoabilidade as demandas desta parcela de produtores em situação de baixa oferta hídrica;

Ajustes se tornam imperativos para melhorar a uniformidade de aplicação da água em função das baixas pressões de trabalho, que, em alguns casos, tornam-se ainda mais prejudicadas em função de vazamentos detectados na rede e entupimentos de emissores em parte das linhas de gotejo, adotando-se para tanto ações simples de manutenção que vão melhorar a capacidade funcional dos sistemas e a eficiência de aplicação da água.

A salinidade presente na água indica a necessidade de cuidados especiais e preventivos em relação ao impacto sobre o solo, cultivos e o próprio sistema de irrigação ao longo do tempo.

O manejo de pequenos sistemas de irrigação utilizando água cinza filtrada, que antes era destinada diretamente ao ambiente, propicia um ganho ambiental importante por permitir a reutilização de um recurso que tem se tornado cada vez mais escasso, além de evitar a poluição do habitat onde vivem e trabalham as famílias agricultoras, contribuindo assim para a preservação do ambiente natural ao redor de suas residências.

A água cinza, em regiões semiáridas, tende a ser utilizada cada vez mais em larga escala, o que torna imperativo a evolução de pesquisas voltadas para o aprofundamento dos estudos sobre os efeitos a longo prazo, benéficos ou deletérios, desta água de qualidade inferior sobre o ambiente, as estruturas produtivas e a população a ela exposta, de forma que as bases para uma política pública de uso sustentável da mesma sejam moldadas a partir de preceitos técnicos e científicos rigorosos.

Agradecimentos

Ao Centro Sabiá, ao CAATINGA e a Caritas Suíça, bem como a todas as famílias do Pajeú e do Araripe que nos acolheram e contribuíram na construção deste trabalho.

Referências

Almeida, O. A. (2010). *Qualidade da água de irrigação*. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura.

Clemmens, A. J., & Solomon, K. H. (1997). Estimation of global irrigation distribution uniformity. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 123(6), 454 – 461.

Coelho, R. D., Júnior, J. L. C. S., Mendoza, C. J., Ribeiro, P. H. P., Cunha, F. N., & Teixeira, M. B. (2013). Efeito da aplicação de vácuo no desempenho de diferentes modelos de gotejadores sob duas condições de textura de solo. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 17(9), 909–17.

Dalmonech, H. P. (2018). *Dimensionamento de um sistema de irrigação fixo por gotejamento para cacauzeiro usando como base os parâmetros da motobomba*. [monografia, Repositório de outras coleções abertas]. <http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/12382>.

Feitosa, A. P. (2016). *Avaliação de sistema de tratamento da água cinza e reúso da água no semiárido brasileiro*. [dissertação de doutorado, Universidade Federal Rural do Semi-Árido]. <http://repositorio.ufersa.edu.br/handle/tede/695>.

Irritec. (2012). *P1 tubo com gotejador plano*. Acesso em 06 de agosto, em <http://new.irritec.com/pt-br/wp-content/uploads/sites/17/2013/09/P1-2012.pdf>.

Keller, J., & Karmeli, D. (1975). *Trickle Irrigation Design Parameters*. Rain Bird Sprinkler Manufacturing Corporation, Glendora, 133p.

Lazia, B. (2012, 28 de agosto). A importância da irrigação para a produtividade: Portal Agropecuário. <http://www.portalagropecuario.com.br/agricultura/irrigacao/a-importancia-da-irrigacao-para-a-productividade>.

Lima, M. G. M., Neto, J. D., F, Denise, J. L., Gomes, A. H. S., & Vasconcelos., G. N. (2017). Comportamento hidráulico de sistema de irrigação por gotejamento em função da pressão de serviço adotada. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, 12 (1), 167-171.

Mantovani, E. C. (2001). *Programa de Avaliação da Irrigação por Aspersão e Localizada*. Universidade Federal de Viçosa.

Merriam, J. L., Keller, J. (1978). *Farm irrigation system evaluation: a guide for management*. Logan: Utah State University.

Netafim. (2017). *Dripperlines, Drippers & Other Emitters*. Acesso em 12 de maio, em <https://www.netafim.com.br/497b5d/globalassets/products/drippers-and-dripperlines/dripnet-pc/170702-drippers-cataloge-2017-v2-1.pdf>.

Neto, A. M. S., Braga, A. C. C., Silva, M. M. M., Lima, S. C. R. V., Frizzone, J. A. R. Filho, R. G. (2011). Auditoria de desempenho de sistemas de irrigação II: avaliação e correção da uniformidade de emissão de água no distrito de irrigação do baixo Acaraú. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada*, 5 (4), 272–279.

Oliveira, A. M., Dias, N. S., Freitas, J. J. R., Martins, D. F. F., Rabelo, L. N. (2017). Avaliação físico-química das águas do processo de dessalinização de poços salobros e salinos em comunidades rurais do oeste potiguar. *Associação brasileira de águas subterrâneas*, 2 (31), 58-73.

Pereira, A. S., et al. (2018). *Metodologia da pesquisa científica*. [e-book]. Santa Maria: UAB/NTE/UFSM. Disponível em: https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/15824/Lic_Computacao_Metodologia-Pesquisa-Cientifica.pdf?sequence=1.

Rebêlo. M. M. P. S. (2011). *Caracterização de águas cinzas e negras de origem residencial e análise da eficiência de reator anaeróbio com chicanas*. [tese de mestrado, Universidade Federal de Alagoas Centro de Tecnologia]. <http://www.repositorio.ufal.br/handle/riufal/5264>.

Richards, L. A. (1954). *Diagnosis and improvement of saline and alkali soils*. Washington D.C. U.S. Salinity Laboratory: United States Departmente of Agriculture.

Rodrigues, R. R., Cola., M. P. A., Nazário., A. A., Azevedo, J. M. G., Reis E. F. (2013). Eficiência e uniformidade de um sistema de irrigação por gotejamento na cultura do cafeeiro. *Ambiência Guarapuava*, 9 (2), 323–334.

Santiago, F. S., Jalfim, F. T., Dombroski, S. A. G., Silva, N. C. G., Blackburn, R. M., Silva, J. K. M., Nanes, M. B. (2012). *Bioágua Familiar: Reuso de água cinza para produção de alimentos no Semiárido*. (1ª ed). Projeto Dom Helder Câmara.

Santos, V. P., Farias, D. B. S., Lucas, A. A. T., Aguiar Netto, A. O., Faccioli, G. G., Sousa, I. F. (2015, novembro). Avaliação de sistema de irrigação por aspersão, perímetro irrigado Jacarecica. *Congresso Nacional de Irrigação e Drenagem*, São Cristóvão, Sergipe, Brasil, XXV.

Souza, P. F., & Rodrigues, S. M. (2018). *Irrigação e drenagem*. Editora e distribuidora educacional S.A.

Xavier, A. F. M. (2016). *Sistema de irrigação de baixa pressão e baixo custo para culturas em fileiras e adensadas*. [tese de mestrado, Universidade Federal Rural do Semi-Árido]. <http://repositorio.ufersa.edu.br/handle/tede/628>.

Porcentagem de contribuição de cada autor no manuscrito

Paulo Romário Calixto da Silva – 30 %

Genival Barros Júnior – 20 %

Hugo Felipe da Silva - 20 %

Eduardo Soares de Souza - 15 %

Rivaneide Ligia Almeida Matias - 15%