

Capítulo 6

Integração de tecnologias hídras para sustentabilidade de sistemas agroecológicos no Semiárido brasileiro

Roseli Freire de Melo
Paola Hernandez Cortez Lima
Eduardo Rodrigues Araújo
Maria Sonia Lopes da Silva
Anderson Ramos de Oliveira
José Barbosa dos Anjos





Introdução

Os desafios impostos pelas incertezas climáticas, pela irregularidade da precipitação e pela má distribuição espacial e temporal das chuvas no Semiárido brasileiro tornam a agricultura uma atividade de risco, dessa forma a gestão hídrica é imprescindível para a produção de alimentos em quantidade e qualidade (Melo; Voltolini, 2019).

No Semiárido, quando se consideram os efeitos das mudanças climáticas ao longo dos anos, a produção de alimentos sem uso complementar de água ou da irrigação é considerada um grande desafio, em especial para a agricultura familiar dependente de chuvas. Assim, a baixa precipitação e a irregularidade espacial e temporal das chuvas, bem como as altas taxas de evaporação e evapotranspiração no Semiárido brasileiro, têm imprimido à agricultura dependente de chuva um caráter de atividade de alto risco. Comumente, nessas condições de produção, há perdas e insegurança alimentar para as famílias dos sertanejos, além de comprometimento da fixação do homem ao campo. Tratando-se dos sistemas produtivos da agricultura familiar, o uso da irrigação tem sido limitado por causa da disponibilidade de água e, quando esta é realizada, a água não é suficiente para atender aos cultivos ao longo de todo ciclo, devido à baixa eficiência do uso da água.

Em ensaios realizados no cultivo de milho (*Zea mays*) e feijão-caupi (*Vigna unguiculata* L.) em barragem subterrânea, com apenas

água de chuva, a produtividade alcançada foi de, apenas 680 kg/ha e 856 kg/ha, respectivamente (Melo et al., 2009). Essa baixa produtividade está relacionada ao longo período de veranico a que as plantas foram submetidas. Em comunidades rurais no município de Petrolina, PE, foi observado que muitos agricultores aproveitam o período das chuvas para realizarem os plantios de culturas tradicionais como o feijão-caupi e o milho, mas não chegam a colher e, quando colhem, a produção é muito baixa, muitas vezes inferior a 500 kg/ha (Melo et al., 2011). De acordo com a Companhia Nacional de Abastecimento (Conab) (2020), na safra 2018/2019, a média da produtividade de grãos produzidos pela agricultura familiar foi de 593 kg/ha, 596 kg/ha, 396 kg/ha, 495 kg/ha para os estados do Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba e Pernambuco, respectivamente, em área dependente de chuva. Essas produtividades são consideradas muito baixas, pois o potencial genético para a cultura do milho (BRS Caatingueiro) é de até 5.000 kg/ha, com média de 2.000 kg/ha a 3.000 kg/ha para as condições semiáridas (Carvalho et al., 2004). Já o feijão-caupi tem potencial de atingir até 1.520 kg/ha de grãos (Santos et al., 2002), desde que sejam fornecidas quantidades necessárias de água e nutrientes para as plantas durante o ciclo de produção.

As tecnologias validadas de captação e armazenamento de água de chuva, desenvolvidas a partir do conhecimento científico de empresas como a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), ou até mesmo oriundas do conhecimento popular, estão sendo implementadas em áreas de agricultores familiares, contribuindo sobremaneira na segurança alimentar e hídrica de famílias e seus rebanhos e para melhor convivência com o Semiárido. As tecnologias hídricas têm por base uma percepção holística sobre as realidades complexas dos ecossistemas e a valorização de conhecimentos, valores e práticas apropriadas ao meio ambiente. Essa percepção subsidia iniciativas que visam à melhoria da qualidade de vida das populações locais (Articulação Semiárido Brasileiro, 2021).

Ainda, de acordo com a Articulação Semiárido Brasileiro (ASA), o Semiárido dispõe de mais de 70 mil açudes, que acumulam 37 bilhões

de metros cúbicos de água. Há outras tecnologias hídras, como poços, barreiros e cisternas domésticas, porém as que trazem grande impacto para a essa região são: a barragem subterrânea, com mais que 6 mil unidades instaladas, e a cisterna de produção, com 165.450 unidades, as quais juntas beneficiam 1.018 municípios (Articulação Semiárido Brasileiro, 2001). Tomando-se por base as tecnologias hídras mencionadas, elas podem ter maior impacto no ambiente e cumprirem sua função se integradas entre si e se associadas a práticas de manejo do solo. Assim, a captação de água de chuva pode ser incrementada também a partir de métodos de preparo do solo para o plantio de culturas, a exemplo das culturas alimentares. Entre os métodos mais utilizados, podem se citar o Guimarães Duque, os sulcos barrados e a aração total e parcial (Brito et al., 2008). Os métodos de captação de água, além de reduzirem as perdas de solo, reduzem os riscos de perda de safra no Semiárido.

Em estudos realizados pela Embrapa Semiárido, no período de chuva, usando diferentes métodos de preparo de solos, constatou-se que o sistema de captação de água com sulco barrado foi o que mais contribuiu para a produtividade do milho, com 606 kg/ha; enquanto, em cultivo tradicional, foi de apenas 302 kg/ha, cuja precipitação total durante ciclo da cultura foi de 322,8 mm. Contudo a precipitação necessária para a planta atingir o máximo potencial produtivo é de 400 mm a 700 mm. O uso da captação in situ contribui para aumentar a eficiência produtiva, porém o seu uso isolado ainda está muito aquém de atingir o potencial produtivo, que pode chegar a 5.000 kg/ha de grãos, em condições regulares de precipitação (Carvalho et al., 2004).

Além das tecnologias de captação e armazenamento de água de chuva, outras podem ser utilizadas de forma integrada entre si, dentre as quais: reúso de águas domésticas, uso de água salina, cobertura de solo, adubação orgânica e uso de espécies e variedades nativas e/ou adaptadas ao Semiárido. A mudança na forma de uso das diferentes tecnologias hídras é considerada inovação social.

De acordo com Winner (1987 citado por Dagnino, 2002), a inovação tecnológica é normalmente entendida como a aplicação de uma invenção que resulta na introdução de produtos, métodos de produção ou processos tecnologicamente novos ou, ainda, em melhorias significativas em produtos e processos existentes. Para a Embrapa (2019), inovação pode ser entendida como a

[...] introdução de novidade ou aperfeiçoamento no ambiente produtivo e social que resulte em novos produtos, serviços ou processos ou que compreenda a agregação de novas funcionalidades ou características a produto, serviço ou processo já existente que possa resultar em melhorias e em efetivo ganho de qualidade ou desempenho.

Quando integradas, as tecnologias de convivência com o Semiárido apresentam-se como oportunidade para aumentar a disponibilidade de água para a produção de alimentos e de forragens, garantindo a sustentabilidade hídrica e alimentar de famílias no meio rural e reduzindo, assim, a pobreza e a desigualdade social. O uso dessas tecnologias contribui para reduzir os riscos de perda na produção de alimentos no Semiárido. Porém, se utilizadas de forma isolada, não garantem a sustentabilidade dos sistemas produtivos (Melo et al., 2011; Santana et al., 2018).

A integração de tecnologias na agricultura não é um tema novo, pois acontece desde os primórdios da agricultura, quando o ser humano mudou seu hábito nômade para sedentário, e desenvolveu técnicas favoráveis ao cultivo, como a seleção da área para plantio e de sementes mais produtivas, a época mais adequada de plantio, ferramentas (mesmo que rudimentares) de cultivo, dentre outras, que evoluíram de forma integrada. Entretanto, a integração de tecnologias hídricas pode ser considerada uma alternativa inovadora para aumentar a disponibilidade hídrica para os sistemas de produção de base familiar.

A necessidade de integração entre diversas técnicas para a prática da agricultura continua presente até os dias de hoje e não é diferente no Semiárido, onde as tecnologias e os conhecimentos se unem para garantir a disponibilidade hídrica, que é o fator mais limitante à produção agrícola.

O objetivo deste capítulo é demonstrar a importância da integração de tecnologias hídras para aumentar a disponibilidade de água e a sustentabilidade de sistemas agroecológicos no Semiárido brasileiro. Para tornar tangível essa relevância, serão apresentadas duas experiências de integração de tecnologias, uma na área experimental da Embrapa Semiárido e outra na propriedade de uma família de agricultores agroecológicos, ambos no município de Petrolina, PE.

Integração de tecnologias hídras

A integração de tecnologias hídras na agricultura pode ser definida como a articulação de duas ou mais tecnologias sociais de captação e armazenamento de água de chuva e de uso e reúso de águas domésticas, associadas a práticas ecológicas de manejo e conservação, com o objetivo de aumentar a disponibilidade e a eficiência hídrica, para atender às necessidades alimentares e nutricionais das famílias e de seus animais em uma propriedade agrícola.

A definição de estratégias de integração de tecnologias hídras é um fator inovador que auxiliará no direcionamento de pesquisas, programas de suporte à tomada de decisão e de desenvolvimento de políticas públicas. Essa integração poderá ser considerada componente fundamental para a gestão dos recursos hídricos e do desenvolvimento sustentável para agricultura familiar no Semiárido.

Entretanto, alguns fatores são considerados fundamentais para a eficiência da integração de tecnologias, a saber:

- a) O conhecimento dos agroecossistemas onde serão utilizadas, principalmente as condições edafoclimáticas da região.
- b) A escolha assertiva das tecnologias a serem integradas, tendo em vista o perfil e dedicação dos produtores rurais e as limitações intrínsecas aos agroecossistemas.
- c) A avaliação rápida e confiável dos impactos da aplicação das tecnologias nos ecossistemas.

A integração de tecnologias sociais e hídricas vem sendo pesquisada e desenvolvida em diferentes contextos pela Embrapa e instituições parceiras com objetivo de otimizar o uso das tecnologias hídricas que envolvem a captação e o armazenamento de água da chuva, o uso de energia solar, o saneamento básico rural (reúso de água cinzas), o uso de água salina na produção de forrageiras e os sistemas eficientes de irrigação.

Visando aumentar a disponibilidade hídrica para irrigação suplementar em sistemas produtivos diversificados, estudos são implementados para integrar tecnologias hídricas, como barragens subterrâneas com cisternas tipo calçadão e/ou enxurrada ou, ainda, barreiros. Outra forma de integração que amplia a eficiência no uso da água é o consórcio de tecnologias de captação e armazenamento de água chuva com práticas de conservação do solo e de água, a exemplo da cobertura morta, as bacias de contenção e os sulcos barrados.

Apenas para exemplificar o potencial de integração de tecnologias hídricas, em algumas áreas semiáridas em que a precipitação é maior, uma barragem subterrânea atinge seu potencial máximo de acumulação de água por meio da elevação do lençol freático. Nessa situação, pode-se construir um poço próximo à área de maior acúmulo. A cultura agrícola cultivada sob a barragem subterrânea utiliza a umidade acumulada no local até um limite em que as raízes podem absorver a água presente no solo. A partir desse limite, a água do lençol freático pode ser bombeada do poço para um reservatório e/ou diretamente para realizar-se, então, a complementação hídrica dos cultivos por meio da irrigação suplementar (Melo et al., 2011; Silva et al., 2017).

Integração de tecnologias hídricas no campo experimental da Caatinga

O estudo de caso foi desenvolvido durante o período de janeiro a dezembro dos anos 2016, 2017 e 2018 (Figura 4), no campo experimental da Caatinga, pertencente a Embrapa Semiárido, onde

se avaliam alternativas de integração de tecnologias de captação e armazenamento de água de chuva, integrando cisternas com barragem subterrânea para a condução de um pomar (Melo et al., 2011; Santos et al., 2015; Silva et al., 2017). O clima da região é do tipo BSw h' , segundo a classificação de Köppen, definido como semiárido, com precipitação anual em torno de 510 mm, de vegetação xerófita (BS), com inverno seco (w), temperatura do mês mais frio maior que 18 °C (h'), sem excesso hídrico. O período chuvoso se concentra entre os meses de novembro e abril, quando ocorrem 90% dos totais anuais de precipitação. A temperatura média varia de 20 °C a 38 °C, sendo outubro o mês mais quente e julho o mais frio (Teixeira, 2010). Nos últimos anos, as médias de precipitação foram muito inferiores à média histórica. Em 2016, a média foi de 373 mm, em 2017 de 151,9 mm e em 2018 de 350 mm.

O solo onde a barragem subterrânea foi instalada é caracterizado como Latossolo Vermelho-Amarelo e a formação geomorfológica crátons neoproterozoicos. Essas condições edáficas e geológicas permitem que, durante o período de chuvas no Semiárido, a água seja infiltrada no solo permeável até a camada do cristalino, onde se acumula. A água acumulada no subsolo fica disponível ao sistema radicular de plantas, que têm condições de acessá-la, até mesmo durante o período de seca na região semiárida, podendo inclusive ser utilizada com a finalidade de irrigação de salvamento.

Na área de cultivo da barragem subterrânea, foi implantado um pomar formado por diferentes espécies de frutíferas, totalizando 80 plantas (Figura 1A), representadas por espécies cultivadas: gravioleira (*Annona muricata* L.), aceroleira (*Malpighia* sp.), limoeiro (*Citrus limonum* L.), pinheira (*Annona squamosa* L.), laranjeira (*Citrus sinensis* L.), mangueira (*Mangifera indica* L.) e goiabeira (*Psidium guajava* L.). O espaçamento utilizado no pomar foi de 5 m x 6 m, seguindo o gradiente de umidade da barragem subterrânea. As plantas foram mantidas com cobertura morta (Figura 1B) para favorecer a manutenção da umidade do solo. Esse espaçamento permite cultivos de espécies anuais, como o milho, feijão e sorgo (*Sorghum bicolor*) no

período de chuva (Figura 1C). Em área fora da barragem subterrânea, no mesmo período, foram cultivadas três plantas de cada espécie frutífera para fins de comparação.

Para manutenção do pomar, foram realizados os tratos culturais, como capinas por baixo das copas, roçagem entre linhas e podas de



Figura 1. Vista aérea da área da barragem subterrânea com cultivos diversos de frutíferas, após aração para o cultivo de plantas anuais (A). Detalhe da cobertura morta por baixo das plantas de laranjeira (B); cultivo de sorgo nas entrelinhas (C).

formação e limpeza, adubação orgânica anual (6 L de esterco caprino curtido) e cobertura morta. Para o controle dos organismos indesejáveis, foram utilizados métodos alternativos com aplicação de extratos de plantas e catação manual.

A precipitação pluviométrica foi monitorada durante os anos de 2016 (Figura 2A), 2017 (Figura 2B) e 2018 (Figura 2C) com a instalação de um pluviômetro na área.

O monitoramento da precipitação pluviométrica foi realizado para auxiliar no controle da irrigação suplementar durante o ano. As irrigações foram suspensas quando o solo estava com umidade superior a 30% e voltando a molhar quando esta estava inferior, para isso foi considerado a umidade do solo próximo ao sistema radicular da planta, aferido com medidor de umidade portátil. Esse monitoramento contribuiu para definir quando aplicar a irrigação suplementar até a chegada da próxima chuva.

No entanto, a barragem subterrânea do campo experimental da Caatinga da Embrapa Semiárido isolada não representava uma tecnologia sustentável apenas com a água acumulada no perfil do solo, principalmente em anos cujas precipitações foram baixas. Por isso, no ano de 2010, foi adotada a irrigação suplementar, oriunda de uma cisterna de captação de água de chuva com capacidade 16 mil litros, instalada à jusante do sangradouro para aproveitamento da água que passaria em excesso durante a ocorrência de chuvas torrenciais.

Houve variações irregulares na precipitação pluviométrica, tanto espacial como temporalmente. No ano de 2016, a precipitação pluviométrica foi de 373 mm, nos meses de janeiro a maio, e não foi necessária a realização de irrigação suplementar por causa da umidade acumulada dentro da barragem pelas precipitações ocorridas (Figura 2A). Já nos meses de junho a setembro, foram necessárias irrigações suplementares, sendo suspensas em outubro em resposta a alguns eventos de chuva, entretanto, desde o início do mês de novembro até o final de dezembro foi necessária a suplementação hídrica. Já durante o ano de 2017, a precipitação pluviométrica registrada foi

bem abaixo do normal, com apenas 151,9 mm, de ocorrência irregular no tempo e no espaço. A maior precipitação não ultrapassou 35 mm, ocorrida no mês de fevereiro (Figura 2B). Nos meses de janeiro, julho, agosto e outubro, não houve ocorrência de precipitação e, quando ocorreu, foi muito baixa, o que demandou irrigação suplementar durante todo período.

Utilizaram-se 5 L de água por planta, três vezes por semana, no período de veranico, porém, no ano 2017, foram aplicados 6 L de água devido ao período de estiagem prolongado.

Em janeiro de 2018, foram realizadas quatro aplicações de água, porém, nos meses seguintes (fevereiro a abril), não houve necessidade de irrigar por causa da precipitação e da manutenção da umidade do solo promovido pelo barramento. No entanto, nos meses de maio a dezembro, caracterizados por estiagem prolongada, foi necessária a adoção da irrigação suplementar (Figura 2C).

Na Tabela 1, observa-se que a quantidade e a frequência de água aplicada mensalmente nas frutíferas nos três anos de estudo foram variáveis e dependeram da precipitação pluviométrica no período que antecede a irrigação. O menor consumo de água ocorreu no ano 2016, visto que a precipitação pluviométrica no mês de janeiro foi elevada. A água acumulada na barragem, principalmente das chuvas dos meses de janeiro, fevereiro e março, foi o suficiente para manter o solo úmido até junho, o que contribuiu para a não aplicação de água. Apenas na última semana de junho, iniciou-se a irrigação suplementar que teve continuidade até o mês de dezembro, porém, com redução na aplicação nos meses que ocorreu maiores precipitação (outubro, novembro e dezembro). Neste ano, especificamente, necessitou-se apenas de 23.660 L de água para a manutenção do pomar.

Foram realizados cálculos de estimativas para produtividade por hectare para cada espécie com o objetivo de visualizar melhor a importância da irrigação suplementar na produção de frutas pelo pomar (Tabela 1).

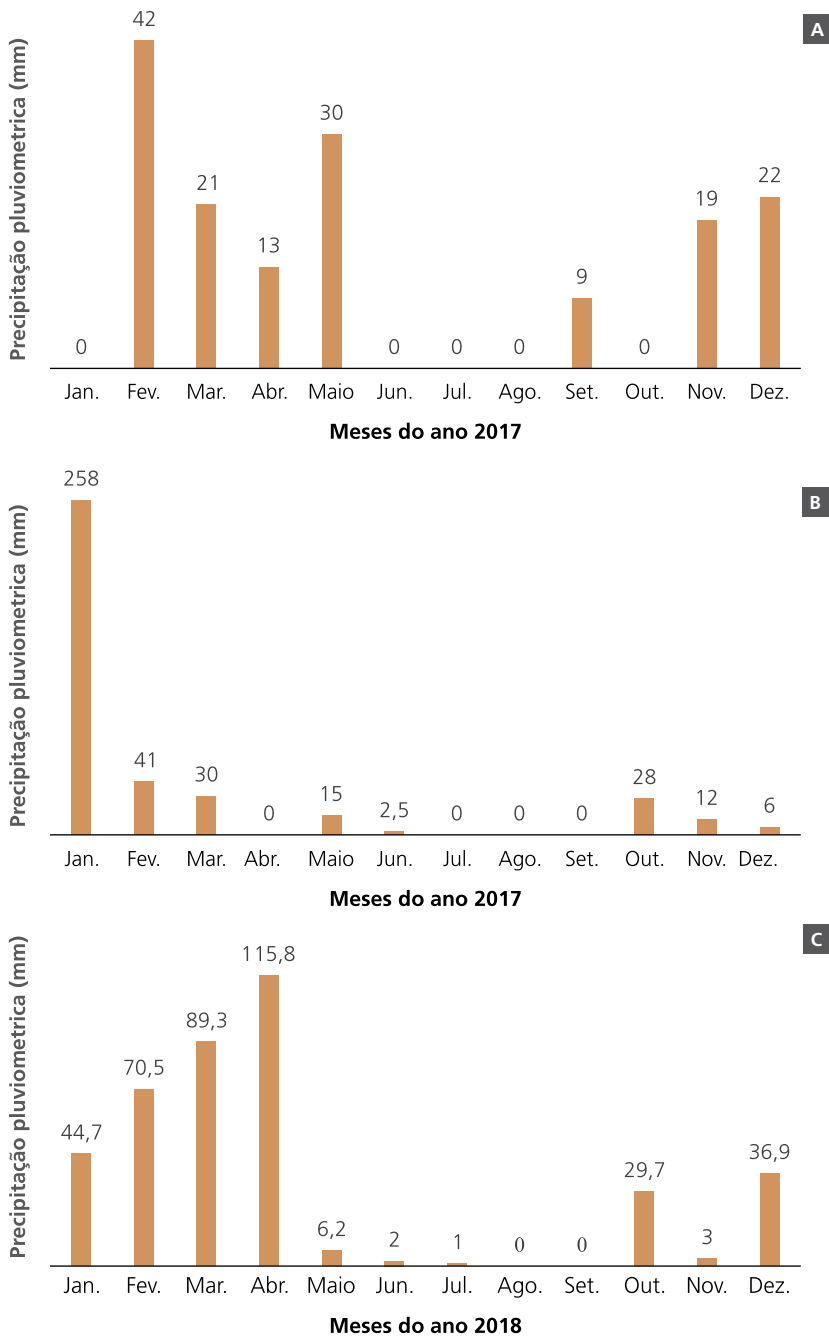


Figura 2. Monitoramento da precipitação mensal durante os anos 2016 (A), 2017 (B) e 2018 (C).

Tabela 1. Volume (litros) de água aplicada em irrigação suplementar utilizando integração de tecnologia hídrica em barragem subterrânea e sistema de armazenamento de água de chuva em pomar com diferentes frutíferas no período de janeiro a dezembro, de 2016 a 2018.

Indicativo	2016											
	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
Nº irrigações	0	0	0	0	0	3	12	13	13	3	6	9
Nº de plantas	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80
Volume de água por evento	0	0	0	0	0	5	5	5	5	5	5	5
Volume de água por mês	0	0	0	0	0	1.200	4.800	5.200	5.200	1.200	2.400	3.600
Volume total de água por ano	23.600											
	2017											
Nº irrigações	13	6	13	9	8	11	13	12	8	12	10	7
Nº de plantas	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80
Volume de água por evento	5	5	5	5	5	5	5	5	6	6	6	6
Volume de água por mês	5.200	2.400	5.200	3.600	3.200	4.400	5.200	4.800	3.840	5.760	4.800	3.360
Volume total de água por ano	51.760											
	2018											
Nº irrigações	4	0	0	0	4	9	12	14	12	7	10	5
Nº de plantas	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80
Volume de água por evento	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Volume de água por mês	1600	0	0	0	1.600	3.600	4.800	5.600	4.800	2.800	4.000	2.000
Volume total de água por ano	30.800											

⁰¹Volume de água em litros.

O ano de 2017 foi um dos que apresentou a menor precipitação pluviométrica na última década, com apenas 151,9 mm acumulado (Figura 2B). Com isso, houve maior demanda de água para realização da irrigação suplementar durante todo o ano, com redução do número de irrigação nos meses que houve precipitação. Para manter o pomar com as 80 plantas, foram necessários 51.760 L de água (Tabela 1), o equivalente ao volume de uma cisterna de produção.

Já em 2018, a precipitação pluviométrica foi de 350 mm, sendo este volume com melhor distribuição comparado em relação aos anos anteriores. Isso resultou em menor necessidade de aplicação contínua de água no decorrer do ano. Nos meses fevereiro, março e abril, não foi necessária a irrigação suplementar. Nos demais meses, a aplicação de água foi realizada de acordo com a necessidade, resultando em um volume total utilizado de 30.800 L.

A irrigação suplementar ou de salvação é a irrigação que apresenta uma lâmina de água aplicada à cultura nos veranicos que comumente ocorrem durante o período chuvoso na região Nordeste, de forma a não permitir que a cultura sofra estresse hídrico e, em alguns casos, morra (Brito; Cavalcante, 2013). Dessa forma, a irrigação suplementar não atende as necessidades plenas de cada cultura e sim na manutenção mínima das atividades fisiológicas e produtivas. A irrigação suplementar, a partir de água de cisterna em função da precipitação pluviométrica local, tem sido utilizada obedecendo ao uso racional da água, visando, em primeiro plano, a segurança alimentar das famílias e, em segundo plano, a comercialização ou troca dos excedentes.

A aplicação de água suplementar foi realizada nos períodos de ocorrência de veranicos, utilizando-se 5 L de água por planta, de janeiro a agosto, e 6 L de agosto a dezembro, três vezes por semana, quando a umidade do solo encontrava-se abaixo de 30%, baseando-se em ensaios realizados em anos anteriores (Santos et al., 2015; Silva et al., 2017; Santana et al., 2018), para manter as plantas vivas até a chegada da próxima chuva. Consideraram-se também as recomendações de Brito e Cavalcante (2013), que recomendam irrigar quando a

umidade do solo estiver entre 30% e 40% da capacidade de campo, duas a três vezes por semana, efetuando-se a irrigação quando se observar que o solo já se encontra seco, atingindo profundidade da umidade de 20 cm a 30 cm, não se usa parâmetros de irrigação propriamente dita. Após cada evento de chuva, a aplicação da água suplementar poderá ser suspensa.

As plantas que estavam fora da barragem não receberam irrigação suplementar durante o período de estiagem e foram drasticamente afetadas pela estiagem; logo não se desenvolveram e, por fim, não resistiram e morreram no primeiro do ano de cultivo.

Foram avaliadas a produção total e o número de frutos por planta de acerola, pinha, goiaba, laranja e limão. Na Tabela 2, encontram-se os valores da produção das frutíferas e o número de plantas que entraram em fase de produção. As Figuras 3 a 5 mostram o vigor e a qualidade das plantas e frutos das frutíferas em produção na barragem subterrânea.

Foram realizadas estimativas de produtividade por hectare para cada espécie com o objetivo de demonstrar a importância da irrigação suplementar na produção de frutas pelo pomar (Tabela 2). De modo geral, observou-se que a produção de acerola aumentou com o passar dos anos. O aumento foi de 66% (de 2016 para 2017) e 293% (de 2016 para 2018), considerando o mesmo número de plantas (26). O aumento de produção indica a importância da irrigação complementar, pois,



Figura 3. Plantas de acerola em fase de frutificação (A); acerola colhida no pomar (B) de plantas que receberam suplementação hídrica no campo experimental da Embrapa Semiárido, Petrolina, PE



Fotos: Roseli Melo.

Figura 4. Detalhes da colheita de fruto de laranja Bahia (A), com suplementação hídrica, em fase de frutescência (B) no campo Experimental da Embrapa Semiárido, Petrolina, PE.



Fotos: Roseli Melo.

Figura 5. Detalhes de planta de limão Taiti em fase de frutescência (A) e detalhe da frutificação (B), com suplementação hídrica, no Campo Experimental da Embrapa Semiárido, Petrolina, PE.

nos anos com baixa precipitação, as plantas produziram, embora em menor quantidade, sem ficarem debilitadas, pois voltaram a apresentar seu potencial produtivo em anos mais favoráveis de umidade no solo. Comportamento similar ocorreu com as espécies de pinha, laranja, limão e goiaba, onde ocorreu uma maior produção total de frutas no ano 2018 (Tabela 2).

A irrigação suplementar contribuiu para a frutificação, impactando positivamente a qualidade de vida dos agricultores familiares.

Tabela 2. Produção média das espécies frutíferas implantadas em barragem subterrânea com irrigação suplementar. Área experimental da Embrapa Semiárido (2016 a 2018), Petrolina, PE.

Cultura	N° de plantas	Produção (kg)	Produtividade (kg/ha) ⁽¹⁾
		Ano 2016	
Acerola	26	182,100	2.331,00
Pinha	12	8,600	288,65
Goiaba	8	7,100	295,60
Laranja	8	15,500	645,19
Limão	26	54,900	703,14
Ano 2017			
Acerola	28	326,386	3.881,66
Pinha	7	7,700	366,30
Goiaba	4	9,400	1.114,72
Laranja	2	6,695	290,92
Limão	11	9,610	290,62
Ano 2018			
Acerola	22	605,830	9.170,063
Pinha	12	86,110	2.532,87
Laranja	14	148,53	3.532,89
Limão	11	386,100	11.688,30
Goiaba	5	26,800	1.784,86

⁽¹⁾Estimativa de produtividade por hectare considerando o espaçamento 5 m x 6 m e uma densidade de 333 plantas/ha.

Essas frutíferas contribuem para a melhoria da dieta alimentar, aumentando, sobremaneira, a resiliência frente às limitações alimentares e nutricionais impostas pela estiagem. Sem a aplicação de água suplementar não seria possível produzir e, muitas vezes, as plantas não sobreviveriam ao estresse hídrico, provocado pela estiagem prolongada, como observado na área experimental.

Dessa forma, a integração da barragem subterrânea com a cisterna de 52 mil litros se mostrou uma alternativa viável para o aumento da sustentabilidade dos agroecossistemas. O uso consorciado dessas tecnologias incrementou a disponibilidade de água para as famílias usarem no período de seca, permitindo a diversificação de cultivos e, conseqüentemente, a melhoria da dieta familiar.

Integração de tecnologias hídras em área de agricultor familiar em Petrolina, PE

A manutenção econômica e produtiva e a reprodução social das famílias agricultoras do Semiárido brasileiro resultam de diversas estratégias de convivência com o bioma Caatinga. Dentre essas famílias, encontram-se a da senhora Valdete Maria Rodrigues Toletino e do senhor Paulo Lima Toletino, moradores do Sítio Romão, localizado no distrito de Rajada, município de Petrolina, PE. O casal possui três filhos: André, Noelia e Noé. Atualmente, apenas André reside e trabalha com os pais.

Recentemente, um fato marcou a história da família e a lógica de manejo dos recursos no agroecossistema familiar. Em 2013, o senhor Paulo, que trabalhava em fazendas produtoras de frutas para exportação, sob manejo convencional, nos perímetros irrigados de Petrolina, retornou integralmente aos trabalhos agrícolas em sua propriedade.

Essa mudança na trajetória da família foi responsável pela nova configuração dos subsistemas produtivos e, por conseguinte, das atividades agrícolas responsáveis pela geração de renda. Em razão do contexto edafoclimático local, a família iniciou o processo de fortalecimento de estruturas de estoque hídrico para o consumo doméstico e para produção agrícola.

Em 2011, por meio de projeto de pesquisa da Embrapa Semiárido em parceria com o Banco do Nordeste, uma barragem subterrânea foi construída na propriedade rural, em solo classificado como Neossolo Flúvico psamítico, com formação em terrenos metamórficos, onde a família passou a produzir grãos, frutas, forragem, culturas energéticas (cana), tubérculos e hortaliças (somente no período de chuva), em sistemas diversificados (Figura 6).

Em 2013, foi construída uma barragem pública de águas superficiais de pequeno porte (capacidade de aproximadamente 106.000 m³) na propriedade vizinha, no leito do mesmo riacho onde se localiza a barragem subterrânea da família. A construção dessa

Foto: Roseli Melo.



Figura 6. Vista geral da barragem subterrânea na comunidade rural Sítio Romão, município de Petrolina, PE.

barragem pública diminuiu a recarga de água na barragem subterrânea, prejudicando sua produção.

A partir de 2015, por meio de um edital de Assistência Técnica e Extensão Rural (Ater) Agroecologia, a família foi contemplada com uma cisterna calçadão com capacidade de armazenamento de 52 mil litros de água. Em decorrência da interação que a família já estava tendo com a pesquisa, decidiu-se construir a cisterna em área próxima à da barragem subterrânea. Nesse momento, a ideia de integração entre tecnologias hídricas começava a se concretizar.

A família começou a integrar as tecnologias hídricas, produzindo diferentes culturas na área da barragem subterrânea com irrigação suplementar proveniente da cisterna calçadão, eventualmente abastecida por água da barragem pública de água superficial, conforme representação esquemática da Figura 7. Essa estratégia de integração das tecnologias hídricas, aliada ao uso de técnicas eficientes de uso e conservação de solo e água (cobertura do solo, adubação orgânica, irrigação por gotejamento, plantio em curva de nível e cultivos consorciados), proporcionou a produção de alimentos durante todo o ano, com geração de renda para a família.

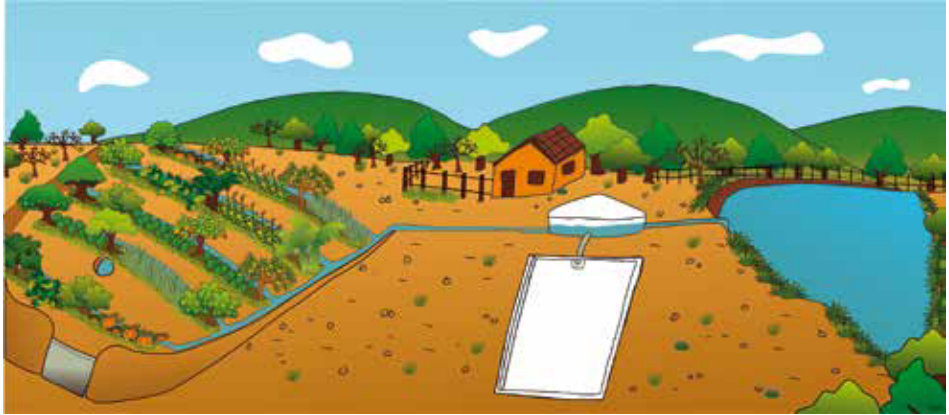


Figura 7. Integração de tecnologias hídras: barragem subterrânea, cisterna calçada e barragem de água superficial.

Ilustração: Rosely Camilla Pereira.

No manejo dos subsistemas, a família utiliza, como fonte de adubação orgânica, o esterco de caprino da propriedade e restos das culturas como cobertura do solo; realiza o plantio em consórcios de anuais e olerícolas (Figura 8); mantém a diversidade de espécies e de variedades; conserva áreas de Caatinga destinada para a criação animal e realiza investimentos constantes para ampliação de estruturas de captação e armazenamento de água de chuva e estoques de sementes e forragem.



Figura 8. Cultivos consorciados de culturas anuais (A) e olerícolas (B) em barragem subterrânea com complementação hídrica.

Fotos: Roseli Melo.

A construção da barragem pública, que inicialmente trouxe prejuízos à família, acabou se tornando uma oportunidade, porque dinamizou o agroecossistema e propiciou a intensificação da produção agroecológica de hortaliças integrada com os demais sistemas hídricos e produtivos pré-existentes.

A propriedade encontra-se em transição agroecológica, necessitando implementar técnicas de recuperação e enriquecimento da Caatinga e de manejo animal com rotação e piqueteamento das áreas.

O novo arranjo produtivo familiar e a lógica de participação em rede sociotécnica de construção do conhecimento em agroecologia apontou a necessidade de acompanhamento dos avanços das iniciativas de integração dos recursos hídricos presentes no agroecossistema e sua correlação com os ganhos econômicos e para segurança alimentar e nutricional da família.

Avaliação e monitoramento do agroecossistema familiar

Para a avaliação e monitoramento do agroecossistema, utilizou-se o método Lume de análise econômico-ecológica de agroecossistemas (Petersen et al., 2017), no período de julho de 2017 a julho de 2018. Foram realizadas duas visitas de campo com duração de um dia cada para coleta das informações. Utilizou-se a metodologia de turnê guiada, ou caminhada transversal, para compreensão total da propriedade e do manejo em cada subsistema, bem como sobre as áreas adjacentes. Registros fotográficos das áreas e estruturas foram realizados.

A família elaborou um mapa mental que proporcionou discussões sobre manejo, fluxos entre subsistemas e divisão do trabalho no agroecossistema. O mapa mental transformou-se, no decorrer da aplicação da metodologia, em um mapa de fluxos. Foi elaborada uma linha do tempo cujo marco inicial foi a união do casal e o início das atividades no agroecossistema.

As ferramentas participativas previstas no método Lume se integram ao inventário de informações sobre o capital fundiário, agrícola

e ambiental da propriedade e facilitam o diálogo e a compreensão, entre os participantes, sobre a importância da análise, tornando-a mais leve.

Assim, foram identificados e caracterizados, em conjunto com a família, seis subsistemas de manejo: a) caprinos e ovinos; b) quintal; c) roçado da baixa; d) roçado da chapada; e) horta e f) bananal. A propriedade principal da família está localizada no município de Petrolina, PE, e tem cerca de 17 ha (Figura 9).

Foram considerados neste estudo, além do agroecossistema onde a família reside e desenvolve a maior parte das atividades, mais duas áreas distantes entre si que, na dinâmica familiar, compõe a renda e o trabalho: uma área exclusiva para a criação de caprinos e ovinos e uma área implantada com bananeiras.

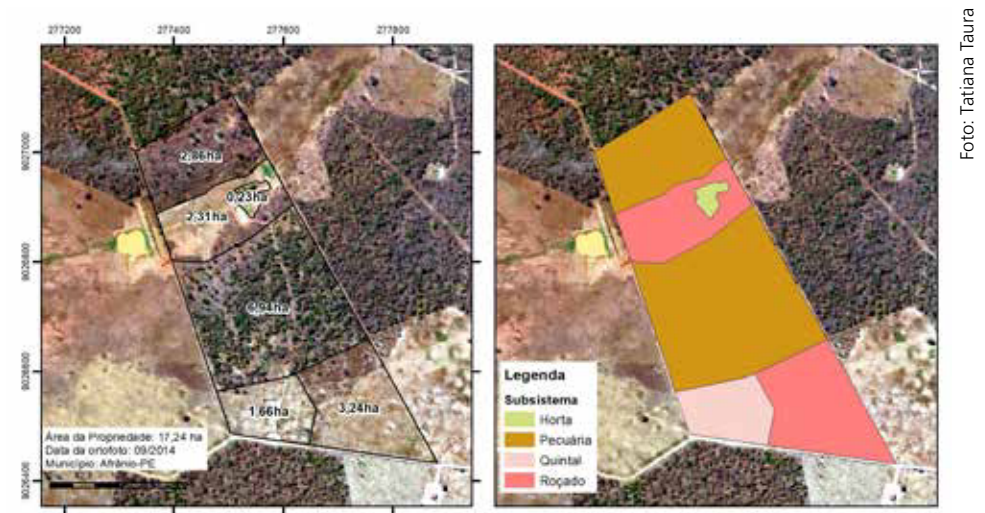


Foto: Tatiana Taura

Figura 9. Vista aérea do sítio Romão, propriedade de um casal de agricultores familiares, distrito de Rajada, município de Petrolina, PE.

Contribuição da integração das tecnologias hídras quanto à segurança alimentar e à renda

A gestão e o trabalho são realizados pela família com contribuição eventual de mão de obra externa, que é paga, na maioria das

vezes, com parte da produção. O filho mais jovem do casal reside na propriedade, desenvolvendo atividades agrícolas e comerciais que também lhe auferem renda. São agricultores familiares com um bom nível de integração com o mercado, realizando as vendas em feiras e por meio da entrega de cestas, com grande contribuição do subsistema horta.

Não obstante, como característica marcante da agricultura familiar camponesa do Semiárido brasileiro, observam-se importantes valores nas relações de troca e doações (R\$ 849,44), formação de estoques (R\$ 1.755,00) e autoconsumo (R\$ 3.220,31), que correspondem a quase 25% do produto bruto do agroecossistema. Destacam-se os subsistemas quintal, roçados e caprinos e ovinos. Todos os subsistemas produzem alimentos para o consumo da família e, assim, garantem sua segurança e soberania alimentar (Figura 10).

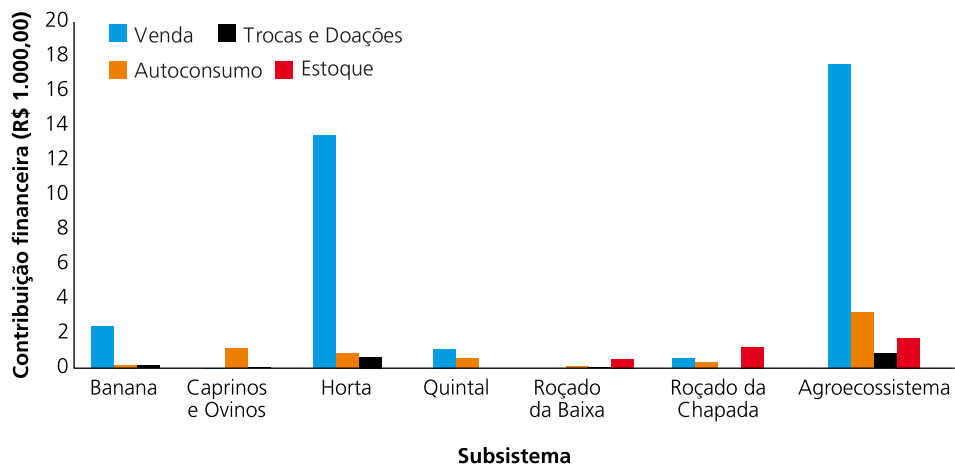


Figura 10. Produto bruto do agroecossistema e contribuição dos subsistemas do sítio Romão, distrito de Rajada, Petrolina, PE, 2018.

A integração entre as três tecnologias de captação e armazenamento de água de chuva (barragem subterrânea, cisterna calçadão e barragem superficial) propicia a irrigação das culturas da horta, com aumento e conservação da água dentro da área da barragem

subterrânea, que contribui para o desenvolvimento das culturas que estão em sua área de influência: cana, macaxeira e o roçado da baixa.

O roçado da baixa é utilizado na produção de milho, feijão e melancia para subsistência. O subsistema caprino e ovino é voltado à produção para o consumo interno e é complementado pelo subsistema roçado da chapada, que produz milho e feijão destinado ao estoque familiar e à alimentação animal. Destaca-se a produção do quintal de polpa de umbu destinada majoritariamente para venda. Do subsistema banana, que fica distante da propriedade de moradia da família, também a família colhe excedentes para a comercialização.

A horta é o espaço mais diversificado e integrado do agroecossistema, com o plantio de hortaliças (mais de 10 espécies), frutíferas, cana, macaxeira, flores, plantas medicinais e mandacaru sem espinhos. A produção do subsistema horta responde por cerca de 77% das vendas do agroecossistema (Figura 10). Esse subsistema possui o menor tamanho de área (0,26 ha) e gera a maior produtividade da terra/ha (R\$ 53.476,00). Além disso, também demanda maior número de horas de trabalho, de um total de 6.224,90 horas trabalhadas no agroecossistema, 4.692 horas são investidas na horta, o que equivale a 75% das horas de trabalho em um ano.

Dessa forma, na horta ocorre intensificação ecológica, pois agrega, em uma pequena porção de terra, tecnologias apropriadas de convivência com o Semiárido (barragem subterrânea, irrigação por microaspersão, cisterna calçadão, uso de esterco na adubação, diversidade de espécies e de variedades, incluindo o uso de variedades locais e cobertura do solo) com mão de obra familiar, gerando valor e riqueza provenientes do trabalho e do manejo eficiente dos recursos naturais.

Esse subsistema é o que mais contribui para a composição da renda agrícola da família, com geração de renda de R\$ 9.770,36, correspondente a cerca de 70% do total. Em seguida, aparecem os subsistemas banana, com 13%, e quintal, com quase 7% da renda agrícola do agroecossistema (Figura 11).

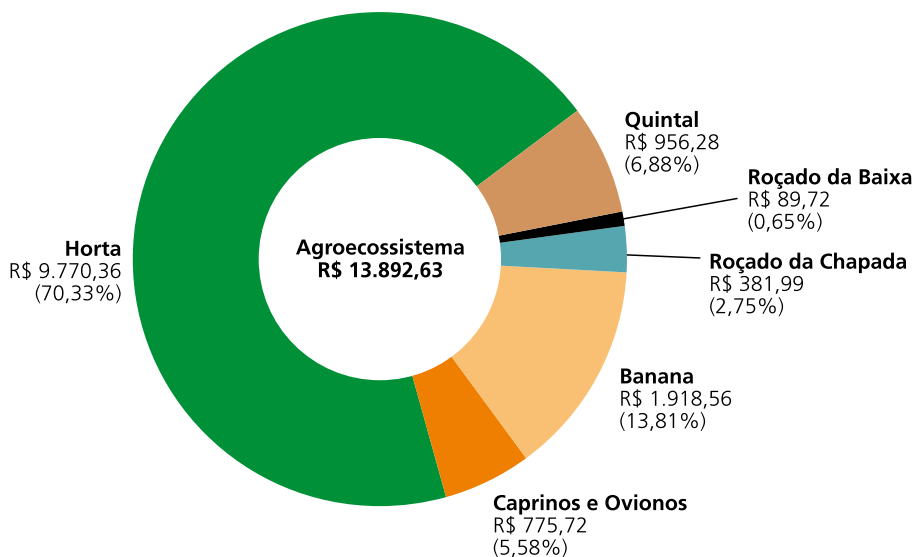


Figura 11. Composição da renda agrícola do agroecossistema e contribuição por subsistemas do sítio Romão, distrito de Rajada, Petrolina, PE, 2018.

A renda familiar no período do estudo foi de R\$ 17.502,63, sendo 79% ou R\$ 13.892,75 provenientes de atividades agrícolas e 21%, ou R\$ 3.610,00, provenientes de atividades não agrícolas, com acesso a programas governamentais, como garantia safra e bolsa família.

Considerações finais

As tecnologias hídras possuem importância inquestionável para ampliação da segurança e soberania alimentar e para a resiliência dos agroecossistemas de agricultores familiares do Semiárido brasileiro. Conforme demonstrado nos estudos de caso apresentados, estes resultados podem ser potencializados, com menores limitação hídrica e instabilidade nos sistemas de produção, a partir da implementação das tecnologias de captação, armazenamento e reúso de água de forma integrada e não mais isoladamente.

A produção de frutas e a manutenção das plantas e de sua capacidade produtiva em anos com diferentes índices pluviométricos no campo experimental da Embrapa Semiárido, em Petrolina,

PE, demonstram a importância da produção e da disseminação de conhecimentos, técnicas e tecnologias que viabilizem o uso eficiente da água e a integração entre tecnologias sociais hídras amplamente difundidas no Semiárido brasileiro, neste caso em específico, a barragem subterrânea e a cisterna de 16 mil ou de 52 mil litros.

O estudo realizado com a família agricultora, também de Petrolina, demonstra que a intensificação ecológica proporcionada pela mobilização dos recursos humanos e naturais do agroecossistema familiar foi potencializada com a integração de tecnologias sociais hídras na produção agroalimentar, tendo como indicadores de destaque a renda familiar proveniente da comercialização e a importante contribuição da produção para o consumo da família e para as dinâmicas de reciprocidade e estoque.

O manejo integrado e o uso eficiente dos estoques de água disponíveis no agroecossistema conjugado à aplicação dos princípios e bases da agroecologia para a convivência com o Semiárido mostraram-se uma estratégia importante dos agricultores familiares do estudo para viabilizar, de modo sustentável, sua reprodução social e econômica, inclusive entre gerações.

A partir desses dados, é possível vislumbrar um salto de qualidade e eficiência das políticas públicas e das ações de pesquisa, educação e assistência técnica e extensão rural que se direcionem para a redução da fome e da pobreza rural, para a geração de autonomia e renda, para a conservação da Caatinga e para o fortalecimento dos modos de vida associados a ela. Isso é possível realizando ajustes simples para a implementação de tecnologias sociais integradas e intensificando conhecimentos e práticas agroecológicas que potencializem as inovações sociais em curso, a partir das condições objetivas (materiais) e subjetivas (incluindo os sonhos e desejos) das famílias agricultoras e suas comunidades.

Referências

ARTICULAÇÃO SEMIÁRIDO BRASILEIRO. **Ações P1MC, P1+2**. Recife, 2021. Disponível em: <http://www.asabrasil.org.br/acoes>. Acesso em: 28 abr. 2021.

ARTICULAÇÃO SEMIÁRIDO BRASILEIRO. **Programa de Formação e Mobilização Social para a Convivência com o Semi-Árido**. Recife, 2001. Mimeografado.

BRITO, L. T. de L.; CAVALCANTI, N. de B. **Irrigação de salvação para a produção de alimentos**. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2013. (Embrapa Semiárido. Instruções técnicas, 108).

BRITO, L. T. L.; CAVALCANTI, N. B.; ANJOS, J. B.; SILVA, A. S.; PEREIRA, L. A. Perdas de solo e de água em diferentes sistemas de captação in situ no semi-árido brasileiro. **Revista Engenharia Agrícola**, v. 28, n. 3, p. 507-515, jul./set. 2008.

CARVALHO, H. W. L. de; SANTOS, M. X. dos; SILVA, A. A. G. da; CARDOSO, M. J.; SANTOS, D. M. dos; TABOSA, J. N.; MICHEREFF FILHO, M.; LIRA, M. A.; BOMFIM, M. H. C.; SOUZA, E. M. de; SAMPAIO, G. V.; BRITO, A. R. de M. B.; DOURADO, V. V.; TAVARES, J. A.; NASCIMENTO NETO, J. G. do; NASCIMENTO, M. M. A. do; TAVARES FILHO, J. J.; ANDRADE JÚNIOR, A. S. de; CARVALHO, B. C. L. de. **Caatingueiro: uma variedade de milho para o Semiárido nordestino**. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2004. 8 p. (Comunicado técnico, 29).

CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira: grãos: décimo primeiro levantamento, 2019/2020**. Brasília, DF, 2020. 32 p. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safra/graos/boletim-da-safra-de-graos>. Acesso em: 1 jul. 2020.

DAGNINO, R. Enfoques sobre a relação ciência, tecnologia e sociedade: neutralidade e determinismo. **DataGramZero - Revista de Ciência da Informação**, v. 3 n. 6 dez. 2002. Disponível em: https://www.brapci.inf.br/_repositorio/2010/01/pdf_22f5fee30a_0007497.pdf. Acesso em: 1 jul. 2020.

EMBRAPA. **Portfólios de P&D da Embrapa: desafios de inovação**. Brasília, DF: SPD/Ideare, 2019.

MELO, R. F.; BRITO, L. T. L.; PEREIRA, L. A.; ANJOS, J. B. Avaliação do uso de adubo orgânico nas culturas de milho e feijão-caupi em barragem subterrânea. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROECOLOGIA, 6.; CONGRESSO LATINOAMERICANO DE AGROECOLOGIA, 2., 2009, Curitiba. **Agricultura familiar e camponesa: experiências passadas e presentes construindo um futuro sustentável: anais**. Curitiba: ABA: Socla, 2009. 1 CD-ROM.

MELO, R. F.; CRUZ, L. C.; ANJOS, J. B.; BRITO, L. T. L.; PEREIRA, L. A. Uso de irrigação de salvação em barragem subterrânea para agricultura familiar. In: SIMPÓSIO DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS E DESERTIFICAÇÃO NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO, 3., 2011, Juazeiro. **Experiências para mitigação e adaptação. Anais...** Petrolina: Embrapa Semiárido, 2011. 1 CD-ROM. (Embrapa Semiárido. Documentos, 239).

MELO, R. F.; VOLTOLINI, T. V. (ed.). **Agricultura familiar dependente de chuva no Semiárido**. Brasília, DF: Embrapa, 2019. 467 p.

PETERSEN, P.; SILVEIRA, L. M. da; FERNANDES, G. B.; ALMEIDA, S. G. de. **Método de análise econômico-ecológica de agroecossistemas**. Rio de Janeiro: AS-PTA, 2017. 246 p.

SANTANA, I. L. O.; MELO, R. F. de; SILVA, M. R. B. da. Avaliação da produção de frutíferas cultivadas em barragem subterrânea com a aplicação de água suplementar. In: JORNADA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA EMBRAPA SEMIÁRIDO, 13., 2018, Petrolina. **Anais...** Petrolina: Embrapa Semiárido, 2018. p. 323-328. (Embrapa Semiárido. Documentos, 283).

SANTOS, C. A. F.; ARAUJO, F. P.; MENEZES, E. A. Comportamento produtivo de caupi em regimes irrigado e de sequeiro em Petrolina e Juazeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, n. 11, p. 2229-2234, nov. 2002.

SANTOS, M. L. S.; MELO, R. F.; ANJOS, J. B.; PEREIRA, L. A. Irrigação suplementar de salvação na produção de frutíferas em barragem subterrânea. In: JORNADA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA EMBRAPA SEMIÁRIDO, 10., 2015, Petrolina. **Anais...** Petrolina: Embrapa Semiárido, 2015. p. 69-74. 1 CD-ROM. (Embrapa Semiárido. Documentos, 264).

SILVA, M. R. B.; SANTO A, M. L. S.; GUIMARÃES, M. J. M.; MELO, R. F. Consumo de água e avaliação da produção de frutíferas submetidas à irrigação suplementar em barragem subterrânea. In: JORNADA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA EMBRAPA SEMIÁRIDO, 12, 2017, Petrolina. **Anais...** Petrolina: Embrapa Semiárido, 2017. p. 287-292. (Embrapa Semiárido. Documentos, 279).

TEIXEIRA, A. H. de C. **Informações agrometeorológicas do Polo Petrolina, PE/ Juazeiro, BA - 1963 a 2009**. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2010. 21 p. (Embrapa Semiárido. Documentos, 233).