

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AMBIENTAIS E AGRÁRIAS
CURSO DE AGRONOMIA**

SARA CANDIDO PIRES

**IMPACTO DA COBRANÇA DE ÁGUA DE IRRIGAÇÃO NOS CUSTOS E
RECEITAS DE CAFEICULTORES DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO
ARAGUARI**

**Uberlândia – MG
Junho - 2011**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AMBIENTAIS AGRÁRIAS
CURSO DE AGRONOMIA**

SARA CANDIDO PIRES

**IMPACTO DA COBRANÇA DE ÁGUA DE IRRIGAÇÃO NOS CUSTOS E
RECEITAS DE CAFEICULTORES DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO
ARAGUARI**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Agronomia, da
Universidade Federal de Uberlândia, para
obtenção do grau de Engenheiro
Agrônomo.

Orientador: Reginaldo de Camargo

**Uberlândia – MG
Junho – 2011**

SARA CANDIDO PIRES

**IMPACTO DA COBRANÇA DE ÁGUA DE IRRIGAÇÃO NOS CUSTOS E
RECEITAS DE CAFEICULTORES DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO
ARAGUARI**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Agronomia, da
Universidade Federal de Uberlândia, para
obtenção do grau de Engenheiro
Agrônomo.

Aprovado pela Banca Examinadora em 02 de junho de 2011.

Prof. Dr. Hudson de Paula Carvalho
Membro da Banca

Eng. Agrônomo. Valdiney José da Silva
Membro da Banca

Prof. Dr. Reginaldo de Camargo
Orientador

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus pais Vanderlan e Maria Auxiliadora, que me amaram e não mediram esforços para que eu alcançasse essa vitória.

Aos meus irmãos Magnum e Gabriela, que sempre serão os meus protetores e ao mesmo tempo meus protegidos...

AGRADECIMENTOS

São muitos os responsáveis pela minha vitória, e serei sempre grata a todos que com amizade e paciência dedicaram seu tempo e compartilharam suas experiências para que a minha formação fosse também um aprendizado de vida...

Agradeço acima de todos a Deus, que me sonda e me conhece. A Ele devo todas glórias alcançadas durante a minha graduação e agradeço por todas as atribuições permitidas, pois as mesmas me fortaleceram e me fizeram uma pessoa melhor. Senhor não há outro igual a ti!

Aos meus familiares que direta ou indiretamente participaram da minha formação, em especial aos tios Divino, Valda e Adelita que sempre estiveram ao meu lado me auxiliando no que precisei.

Agradeço ao meu namorado Gabriel que durante todo o tempo foi meu amigo, confiante e amor. Aos meus grandes amigos Daniela, Leandro e Carolina que são dádivas preciosas na minha vida, e me fazem lembrar que há amigos tão chegados que viram irmãos!

A 42º turma que juntos vivemos uma importante etapa da vida e com certeza aprendemos muito uns com os outros e em especial, agradeço a verdadeira amizade de Cíntia Fernandes, Felipe Saar e Elias Susstrunk.

Ao meu mestre Reginaldo de Camargo que, durante toda a graduação me acolheu como orientada e com certeza eu tive o privilégio de aprender com a grande pessoa que ele é. E, ao professor Hudson de Paula Carvalho os meus sinceros agradecimentos pela paciência, atenção e ensinamentos nos meus últimos semestres do curso

A todos que contribuíram com essa vitória, OBRIGADA!

RESUMO

A divisão do território em bacias hidrográficas é a forma mais racional de se controlar e administrar os recursos hídricos. Contudo, para que essa administração seja efetiva, é orientação do governo que se forme um comitê para regulamentar os usos dos recursos hídricos disponíveis nessa bacia. Esse comitê é formado por governo, sociedade civil e usuários desses recursos. Foram delimitadas em sub-regiões e nomeadas de Área 1, Área 2, Área 3 e Área 4. A altitude de referência das áreas 1, 2, 3 e 4 foram respectivamente: Uberlândia, Indianópolis, Patrocínio e Araxá. Foi utilizada a estação climatológica localizada na cidade de Catalão-GO como referência para a sub-região de Indianópolis, devido à disponibilidade dos dados climatológicos e à proximidade e semelhança de altitude. Foi realizado o balanço hídrico da cultura de café e a evapotranspiração foi estimada pela relação entre a evapotranspiração de referência e o coeficiente de cultura (k_c). O tipo de irrigação foi por gotejamento que proporciona eficiências da ordem de 90 a 95% e é bastante utilizada na cultura do café. Ao ser calculado o balanço hídrico, obteve-se os valores de excedente e de déficit hídrico em intervalos diários. Como a vazão considerada insignificante pelo Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Araguari que é de 1 L s^{-1} nota-se que quando se realiza um manejo adequado da irrigação é possível irrigar nas sub-regiões na ordem Araxá, Indianópolis, Patrocínio e Uberlândia uma área de 35,9ha; 20,1ha; 31,7ha; e 22,4ha. A vazão captada média na bacia hidrográfica é de $1.189,90 \text{ m}^3 \text{ ano}^{-1}$, que proporcionará um custo médio de R\$1,43 $\text{ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ e impactará o custo de produção e a receita líquida do produtor em 0,01% e 0,04%, respectivamente.

PALAVRAS-CHAVE: bacia hidrográfica, cobrança, balanço hídrico, café.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	7
2	REVISÃO DE LITERATURA	9
2.1	Gestão de recursos hídricos no Brasil	9
2.2	Outorga de direito de uso de recursos hídricos.....	11
2.3	Cobrança da água na agricultura irrigada.....	12
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	14
3.1	Local de estudo.....	14
3.2	Área plantada com a cultura de café.....	15
3.3	Balanco hídrico da cultura de café	18
3.4	Cobranças pelo uso da água e os impactos sobre os custos e receitas do produtor.....	22
3.5	Área possível de ser irrigada com a vazão insignificante.....	23
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	25
5	CONCLUSÕES	29
	REFERÊNCIAS.....	29

1 INTRODUÇÃO

A produção de alimentos demanda grande quantidade de água, e é de muita importância para a humanidade. A chuva é a forma natural de fornecer água às plantas, porém, na sua ausência, os produtores devem lançar mão de tecnologias adequadas para contornar o problema. Essa tecnologia é a irrigação, que pode ser usada para fornecer a quantidade de água exigida pela cultura de forma total ou parcial, dependendo do local do país onde esteja instalada a cultura.

O local onde todo o processo de consumo de água acontece é a bacia hidrográfica. Esse termo representa um local delimitado por um divisor de águas, onde os mananciais presentes nessa delimitação convergem para um único ponto, denominado de exutório. A divisão do território em bacias hidrográficas é a forma mais racional de se controlar e administrar os recursos hídricos (ANA, 2009). Contudo, para que essa administração seja efetiva, é orientação do governo que se forme um comitê para regulamentar os usos dos recursos hídricos disponíveis nessa bacia. Esse comitê é formado por governo, sociedade civil e usuários desses recursos.

O Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Araguari foi concebido em 1998 quando da publicação do Decreto de Criação no Diário Oficial do Estado de Minas Gerais (SHIMIZU, 2008). Segundo IGAM (2009), no levantamento realizado em dezembro de 2008 a bacia do rio Araguari possuía até aquele mês, mais de 1.800 usos de água outorgados. De acordo com tal levantamento, do total de 1.813 usos outorgados, 1.037 referiam às captações de águas superficiais e 776 às de águas subterrâneas. O trabalho mostra, ainda, que 72% do volume da água consumida na bacia eram destinados à irrigação, 18% ao consumo humano, 9% ao abastecimento industrial, 0,5% à mineração, 0,4% ao abastecimento rural e 0,1% à dessedentação de animais. Como se observa, o uso da irrigação nessa bacia hidrográfica é intenso.

De maneira geral, boa parte da água usada na irrigação é destinada a compensar a baixa eficiência verificada na maioria dos projetos da área. Contudo, com a criação dos Comitês de Bacia Hidrográfica, a maior conscientização da população frente aos problemas ambientais e a ampliação da fiscalização por parte dos órgãos ambientais, têm forçado uma mudança de atitude dos produtores. Uma das ferramentas que os comitês de bacia possuem é a possibilidade de cobrança pelo uso da água, direito este outorgado pela Lei nº 13.199 de 29

de janeiro de 1999, o qual não tem o objetivo financeiro em si, mas apenas de forçar o uso consciente dos recursos hídricos.

A experiência da cobrança é considerada bem-sucedida pela Agência Nacional de Águas. Na bacia do PCJ, a inadimplência é de apenas 4%. De cada cem reais arrecadados dos usuários da bacia (irrigantes, empresas de tratamento de água, indústrias, etc.), oitenta reais têm sido aplicados em estações de tratamento de esgoto (ANA, 2009).

No entanto, esse procedimento gera um custo para os produtores que utilizam a irrigação em suas lavouras. O impacto da cobrança do uso da água por parte dos comitês de bacias na renda do produtor ainda é pouco conhecido, não sendo encontrados trabalhos confiáveis avaliando tal consequência. A dificuldade em pesquisas desse tipo está no fato de que ao longo de uma bacia hidrográfica que normalmente é composta por extensa área, abrangendo diversos tipos de produtores, com realidades diferentes faz com que dificilmente a metodologia adotada na pesquisa se adeque a todos os irrigantes. Dependendo do tipo de cultura, a metodologia adotada acaba sendo ainda mais generalista. Um exemplo é a cultura do cafeeiro, onde existe uma extensa gama de cultivares, tratamentos culturais, espaçamentos, tipos de sistemas de irrigação e formas de manejo, o que pode influenciar nos resultados sobre o custo de produção.

Atualmente, o Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Araguari está em fase de avaliação sobre a metodologia e o valor unitário da água, sendo que estudos como este serviriam de norte para se estipular um valor mais justo para os produtores. A metodologia de cobrança atualmente usada por todos os comitês se baseia nos procedimentos adotados pelos Comitês das Bacias dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá (PCJ) e do Paraíba do Sul, os quais foram os primeiros a serem regulamentados e estão em funcionamento há algum tempo (ANA, 2009). A Bacia hidrográfica do Rio São Francisco, que também está em funcionamento, porém ainda não cobra a água dos produtores, adota metodologia semelhante, no entanto, com incrementos de alguns outros índices, procurando com isso, incentivar os produtores para o uso mais consciente da água (CBHSF, 2009).

O objetivo deste trabalho foi avaliar o impacto no custo de produção e na receita líquida do produtor de café, em função da cobrança da água de irrigação na Bacia Hidrográfica do Rio Araguari, bem como a verificação da quantidade de área de lavoura possível de ser irrigada com a vazão considerada insignificante por este comitê.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Gestão de recursos hídricos no Brasil

Até recentemente, os recursos hídricos eram vistos como bens livres e usados indiscriminadamente pelos usuários, sem nenhum tipo de gestão ou controle levando a degradação dos recursos ambientais. Visando otimizar e regulamentar o uso dos recursos hídricos foi criado o Plano Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) e o Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH) estabelecidos pela Lei nº 9.433/97. O primeiro tem como objetivo geral estabelecer um pacto nacional para a definição de diretrizes e políticas públicas voltadas para a melhoria da oferta de água, em quantidade e qualidade, gerenciando as demandas e considerando ser a água um elemento estruturante para a implementação das políticas setoriais, sob a ótica do desenvolvimento sustentável e da inclusão social. Os objetivos específicos foram assegurar: (a) a melhoria das disponibilidades hídricas, superficiais e subterrâneas, em qualidade e quantidade; (b) a redução dos conflitos reais e potenciais de uso da água, bem como dos eventos hidrológicos críticos e; (c) a percepção da conservação da água como valor socioambiental relevante. (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE-MMA, 2011).

O Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH) possui caráter normativo e deliberativo, com atribuições de: (a) promover a articulação do planejamento de recursos hídricos com os planejamentos nacional, regional, estadual e dos setores usuários; (b) deliberar sobre os projetos de aproveitamento de recursos hídricos; (c) acompanhar a execução e aprovar o Plano Nacional de Recursos Hídricos e; (d) estabelecer critérios gerais para a outorga de direito de uso dos recursos hídricos e para a cobrança pelo seu uso (Lei nº 9433/97).

Cabe ao Conselho decidir sobre as grandes questões do setor, além de dirimir as contendas de maior vulto. Caberá também ao CNRH, de acordo com a Resolução nº 05 de 10 de abril de 2000: (a) vincular os Comitês de Bacia Hidrográfica de rios de domínio da União ao CNRH; (b) estabelecer a necessidade de compatibilização dos planos de recursos hídricos e decisões dos comitês de sub-bacias aos planos e decisões referentes à respectiva bacia hidrográfica; (c) estabelecer o conteúdo mínimo do Regimento Interno dos Comitês de Bacia Hidrográfica; (d) relacionar os documentos necessários para o encaminhamento da proposta

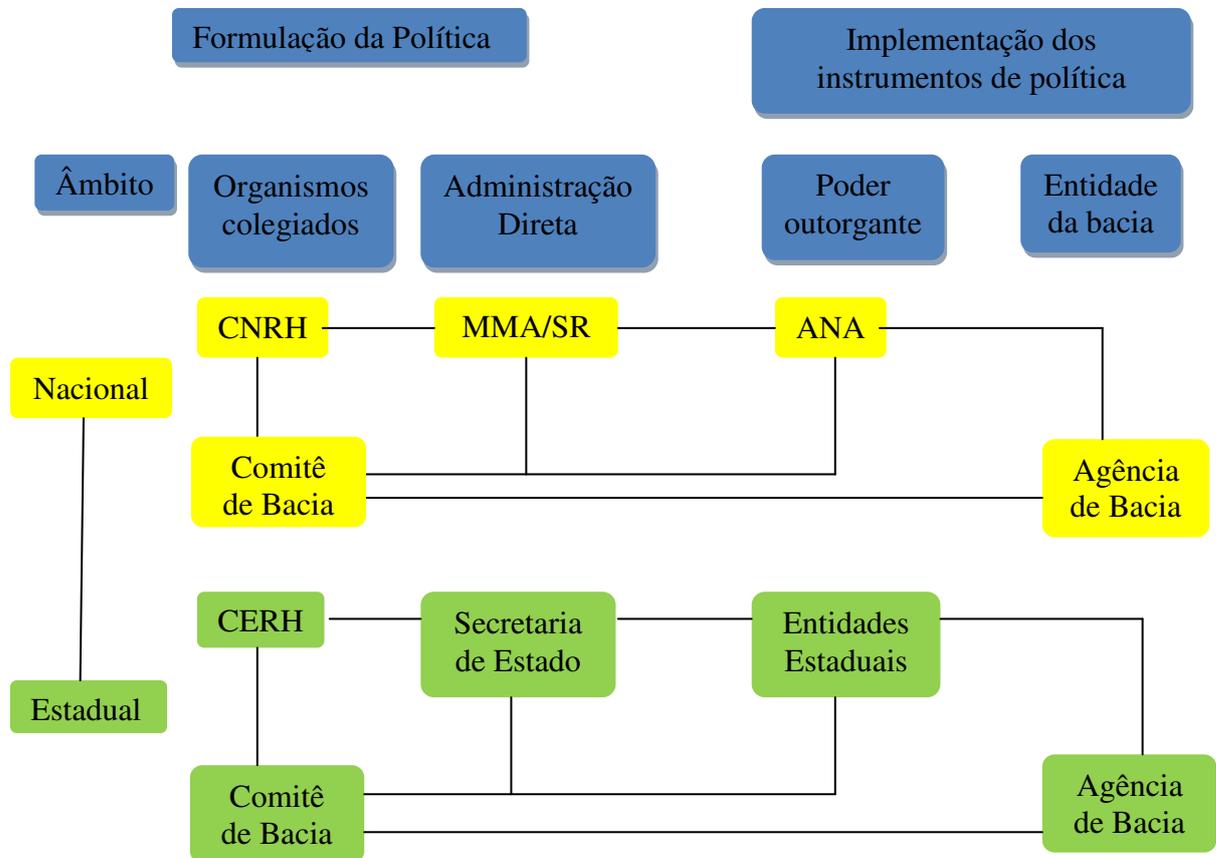
de instituição do Comitê de Bacia Hidrográfica de domínio da União, ao CNRH; (e) definir prazos para que a Diretoria Provisória cumpra um elenco de ações para a eleição e posse do Presidente e Secretário do Comitê e; (f) definir as bases para o processo de negociação para a representação dos usuários nos comitês.

Os comitês de Bacias Hidrográficas são colegiados instituídos por Lei, no âmbito do Sistema Nacional de Recursos Hídricos e dos Sistemas Estaduais. Considerados a base da gestão participativa e integrada da água, têm papel deliberativo e são compostos por representantes do Poder Público, da sociedade civil e de usuários de água e podem ser oficialmente instalados em águas de domínio da União e dos Estados. Existem comitês federais e comitês de bacias de rios estaduais, definidos por sistemas e leis específicas.

De acordo com Art. 38 da Lei nº 9433/97, são elementos que competem aos Comitês de Bacias Hidrográficas, no âmbito de sua área de atuação: (a) promover o debate das questões relacionadas ao uso dos recursos hídricos e articular a atuação das entidades intervenientes (Conselho de Recursos Hídricos, Agência de Bacia e organizações civis); (b) arbitrar, em primeira instância administrativa, os conflitos relacionados aos recursos hídricos; (c) aprovar o Plano de Recursos Hídricos (propostos pela agência de bacias) e projetos da respectiva bacia; (d) acompanhar a execução do Plano de Recursos Hídricos da bacia e sugerir as providências necessárias ao cumprimento de suas metas; (e) propor ao Conselho de Recursos Hídricos as acumulações, derivações, captações e os lançamentos de pouca expressão, para efeito de isenção da obrigatoriedade de outorga de direitos de uso de recursos hídricos; (f) estabelecer os mecanismos de cobrança pelo uso de recursos hídricos e sugerir os valores a serem cobrados e; (g) estabelecer critérios e promover o rateio de custo das obras de uso múltiplo, de interesse comum ou coletivo. Das decisões dos Comitês de Bacias Hidrográficas caberá recurso ao Conselho de Recursos Hídricos e a sua não existência implicará a passagem de suas atribuições para o Conselho de Recursos Hídricos.

Em julho de 2000 foi aprovada a Lei nº 9.984 que dispõe sobre a criação da Agência Nacional de Água - ANA, entidade federal de implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e de coordenação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. A ANA é responsável pela outorga, fiscalização, elaboração de estudos e organização de todas as ações o direito de uso do recursos hídricos em corpos de água de domínio da União (ANA,2011).

O Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH) que integra todos os órgãos como interdependente está ilustrado na Figura 1:



Fonte: Ministério do Meio Ambiente (2011)

Figura 1: Organograma representativo do SINGREH

2.2 Outorga de direito de uso de recursos hídricos

Outorga é o ato administrativo mediante o qual o poder público outorgante (União, Estado ou Distrito Federal) faculta ao outorgado (requerente) o direito de uso de recurso hídrico, por prazo determinado, nos termos e nas condições expressas no respectivo ato administrativo.

O ato administrativo utilizado pela ANA ou Comitê Estadual de Bacia para emissão das outorgas, como também para os demais atos normativos, é a Resolução. A Resolução de outorga contém a identificação do outorgado, as características técnicas e as condicionantes legais do uso da água autorizado.

Este procedimento visa o atendimento ao uso múltiplo da água, como: abastecimento humano, dessedentação animal, irrigação, indústria, geração de energia elétrica, preservação ambiental, paisagismo, lazer, navegação, etc. Para que esses usos sejam utilizados de forma organizada é necessário que o Estado, por meio da outorga realize sua distribuição observando a quantidade e a qualidade adequadas aos atuais e futuros usos. Assim sendo, o instrumento de outorga é necessário para o gerenciamento dos recursos hídricos, pois permite ao administrador (outorgante) realizar o controle qualitativo e quantitativo da água, e ao usuário a necessária autorização para implementação de seus empreendimentos produtivos. É, também, um instrumento importante para minimizar os conflitos entre os diversos setores usuários e evitar impactos ambientais negativos aos corpos hídricos (ANA, 2011).

De acordo com o artigo 12º da Lei Federal nº 9.433/97 estão sujeitos a outorga pelo Poder Público os direitos dos seguintes usos de recursos hídricos: (a) derivação ou captação de parcela da água existente em um corpo d'água para consumo final, inclusive abastecimento público, ou insumo de processo produtivo; (b) extração de água de aquífero subterrâneo para consumo final ou insumo de processo produtivo; (c) lançamentos em corpo de água de esgotos e demais resíduos líquidos ou gasosos, tratados ou não, com o fim de sua diluição, transporte ou disposição final; (d) uso de recursos hídricos com fins de aproveitamento dos potenciais hidrelétricos e; (e) outros usos que alterem o regime, a quantidade ou a qualidade da água existente em um corpo de água.

Porém alguns usos independem de outorga de uso dos recursos hídricos, como: o uso de recursos hídricos para a satisfação das necessidades de pequenos núcleos populacionais, distribuídos no meio rural; as derivações, captações e lançamentos considerados insignificantes, tanto do ponto de vista de vazão como de carga poluente; as acumulações de volumes de água consideradas insignificantes (ANA, 2011).

2.3 Cobrança da água na agricultura irrigada

A irrigação é uma técnica, utilizada na agricultura, que tem por objetivo o fornecimento controlado de água para as plantas em quantidade suficiente e no momento certo, assegurando a produtividade e a sobrevivência da produção.

Proporciona alcançar à máxima produção, em complementação às demais práticas agrícolas, a irrigação tem sido alvo de considerável interesse, principalmente nas regiões

Nordeste e Centro-Sul do Brasil. De fundamental importância para a produção agrícola em regiões áridas, a irrigação vinha sendo constantemente relegada a um plano inferior nas regiões onde, sob certas condições, a precipitação natural permitia que as culturas se desenvolvessem e produzissem normalmente (LIMA et al., 1999).

No Brasil, segundo informações da ANA (2007), a distribuição percentual do volume consumido entre os setores da sociedade são: agricultura irrigada 46%, consumo urbano 27% e indústria 18%. Mantovani et al. (2007) relatam estimativas de que a área cultivada e irrigada no Brasil é responsável por 16% da produção total e 35% do valor econômico da produção. Segundo Christofidis (2007), a estimativa de aumento da área irrigada no mundo é de cerca de 68%. Neste cenário estimado, ressalta-se a potencialidade brasileira de incorporação de 13% de novas áreas para agricultura irrigada.

Até recentemente, do ponto de vista econômico, o recurso água e os serviços por ele fornecidos eram vistos como bens livres, sendo negligenciáveis do ponto de vista econômico, portanto, ficando fora do sistema de preços chamado “mercado”. Dada uma oferta considerada infinitamente elástica a preço zero, a demanda poderia aumentar sem que se alterassem os preços, sendo essencialmente considerados a preço zero (ESPERANCINI et al., 2002).

Silva Neto (2006) avaliou o impacto da implementação da cobrança no setor agrícola na cultura da banana pacovan irrigada na bacia hidrográfica do rio Paraíba em 15 municípios, e concluiu que, devido à necessidade de uma maior quantidade de água, os municípios do interior são os mais onerados com a implementação do instrumento da cobrança de água (2,24%) dos custos enquanto no litoral pode chegar a 1,16% dos custos de manutenção da cultura, uma possível variação na tarifa de preço da água, poderia aumentar o impacto financeiro entre as regiões, como também poderia nivelar a valores de impacto para percentuais muito próximos.

Para a cultura do tomate, Campos (2009) avaliando o impacto da cobrança pelo uso da água no custo de produção no município de Estiva Gerbi, em São Paulo, verificou que a cobrança pela captação e uso da água teria efeito desprezível no cômputo do custo de produção da tomaticultura de mesa. Assim, a política de cobrança pelo uso da água nessas condições poderia não surtir efeito inibidor no que se refere à continuidade do uso excessivo dos recursos hídricos dessa atividade agrícola e contribuir para a sustentabilidade da produção.

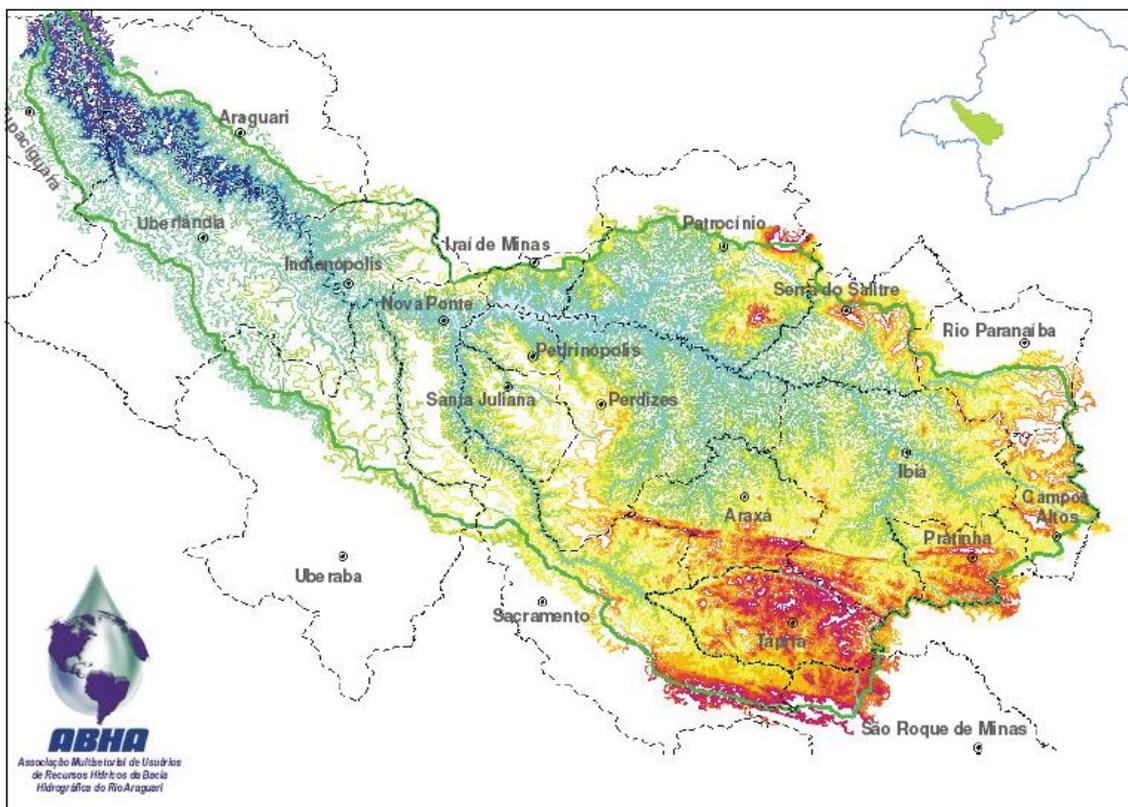


Figura 3. Delimitação da Bacia Hidrográfica do Rio Araguaí, detalhando os municípios de sua abrangência.

3.2 Área plantada com a cultura de café

Na Figura 4 visualizam-se os usos da água concedidos por meio de outorga pelo Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM). Nota-se que existem concentrações de outorgas em algumas localidades da bacia, as quais foram delimitadas em sub-regiões e nomeadas de Área 1, Área 2, Área 3 e Área 4. Essas sub-regiões, além de apresentarem diferenças de concentrações de sistemas de irrigação, apresentam também, diferenças climáticas, uma vez que a altitude é diferente.

A altitude influencia diretamente na temperatura média da região, a qual afeta também a demanda por água dos cultivos. Diante disso, estratificou-se a bacia em quatro sub-regiões para que se possa avaliar com maior precisão o impacto da cobrança na receita líquida e bruta do produtor em cada uma delas. As coordenadas e as altitudes de referência das áreas 1, 2, 3 e 4 foram respectivamente: Uberlândia (Latitude $-18^{\circ} 55' 07''$; Longitude $48^{\circ} 16' 38''$ e Altitude de 872 metros), Indianópolis (Latitude $-19^{\circ} 02' 19''$; Longitude $47^{\circ} 55' 01''$ e Altitude de 809

metros), Patrocínio (Latitude $-18^{\circ} 99' 67''$; Longitude $46^{\circ} 98' 56''$ e Altitude de 963 metros) e Araxá (Latitude -19.6000° ; Longitude 46.9333° e Altitude de 1020 metros). Foi utilizada a estação climatológica localizada na cidade de Catalão-GO como referência para a sub-região de Indianópolis, devido à disponibilidade dos dados climatológicos e à proximidade e semelhança de altitude. Os dados climatológicos estão representados pelas médias mensais de precipitação e temperatura nas Figuras 5,6,7 e 8.

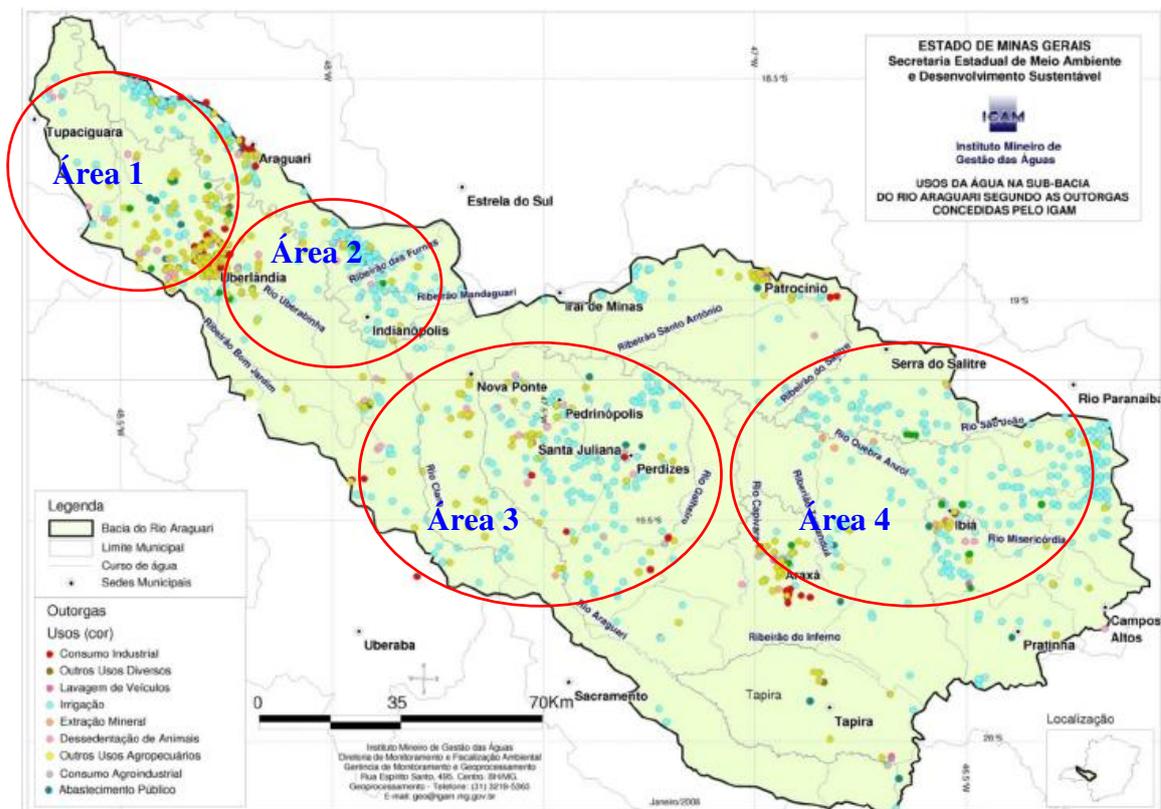


Figura 4. Detalhe dos usos da água na Bacia do Rio Araguari segundo as outorgas concedidas pelo IGAM.

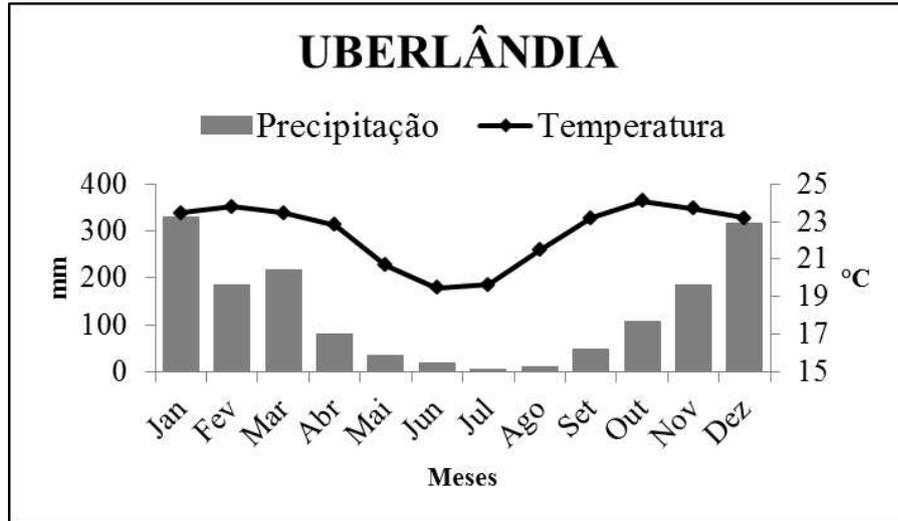


Figura 5. Dados climatológicos médios mensais de Uberlândia-MG. Instituto Nacional de Meteorologia.

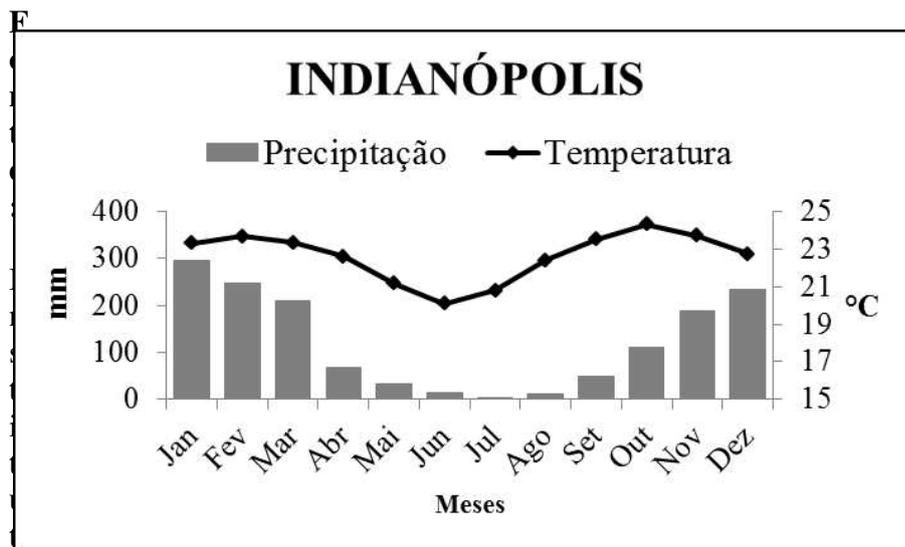


Figura 6. Dados climatológicos médios mensais representativos para Indianópolis (Estação climatológica de Catalão).

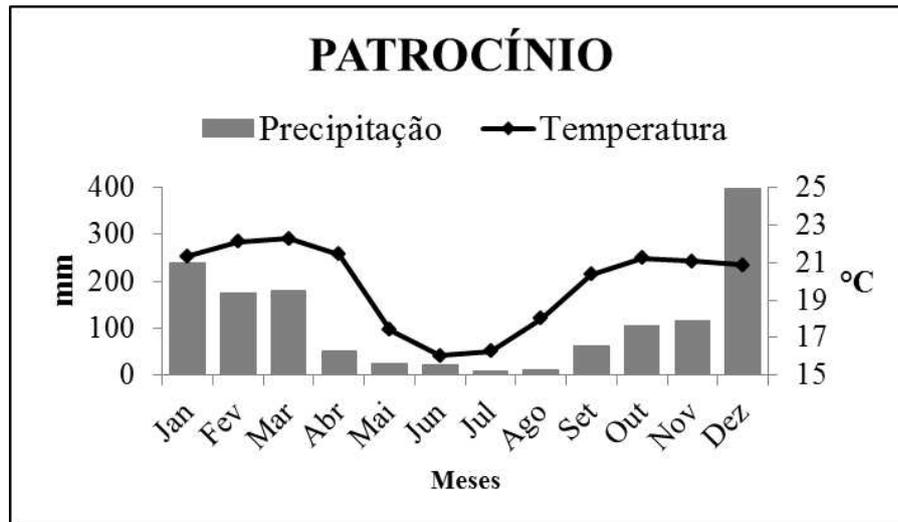


Figura 7. Dados climatológicos médios mensais de Patrocínio-MG. Estação climatológica de Patrocínio.

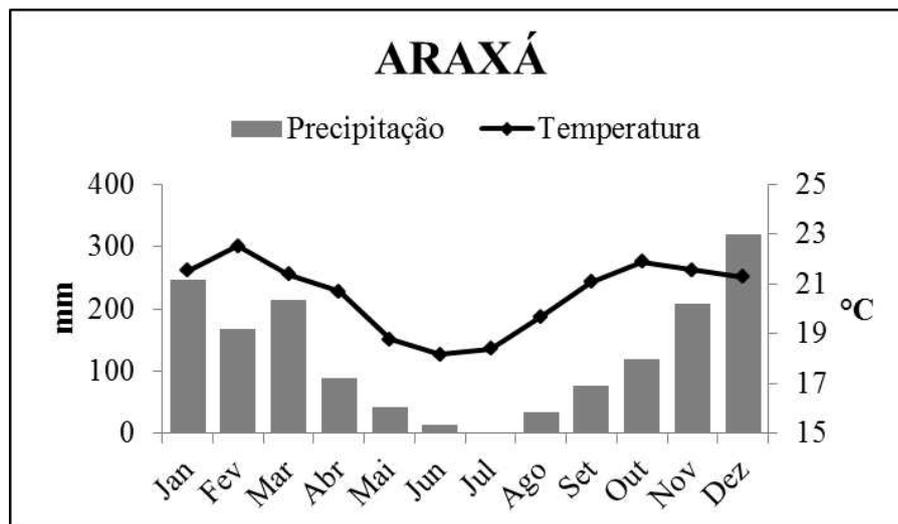


Figura 8. Dados climatológicos médios mensais de Araxá-MG. Instituto Nacional de Meteorologia.

3.3 Balanço hídrico da cultura de café

O balanço hídrico da cultura de café foi realizado pelo modelo de Thornthwaite e Mather (1955), a partir dos dados climatológicos coletados na rede de estações do Instituto Nacional de Meteorologia.

A evapotranspiração de referência foi estimada pelo método de Thornthwaite em valores diários, desde o ano de 1981 a 2010 para o município de Uberlândia, 2008 a 2010 para Catalão, 2006 a 2010 para Patrocínio e 2003, 2007 a 2010 para o município de Araxá, conforme parametrização proposta por Pereira, Angelocci e Sentelhas (2002) (Equação 1).

$$ETP = ETp \cdot \left(\frac{ND}{30} \right) \cdot \left(\frac{N}{12} \right) \quad \text{Eq. 1}$$

Em que:

ETP = evapotranspiração potencial, mm dia⁻¹;

ETp = evapotranspiração potencial padrão, mm mês⁻¹;

ND = número de dias (considerou-se 1 dia);

N = fotoperíodo médio do mês, h.

Neste trabalho as avaliações foram realizadas diariamente. A evapotranspiração potencial padrão foi obtida em função da temperatura do ar (Equações 2 e 3).

$$ETp = 16 \cdot \left(10 \cdot \frac{Tn}{I} \right)^a \quad \text{para } 0 \leq Tn < 26,5 \text{ } ^\circ\text{C} \quad \text{Eq. 2}$$

$$ETp = -415,85 + 32,24 \cdot Tn - 0,43 \cdot Tn^2 \quad \text{para } Tn \geq 26,5 \text{ } ^\circ\text{C} \quad \text{Eq. 3}$$

Em que:

Tn = temperatura média do mês, °C;

I = índice que expressa o nível de calor disponível na região, °C.

a = índice que expressa o nível de calor disponível na região, adimensional.

O índice I, calculado a partir dos dados normais de temperatura, torna-se, assim como o índice a, constante e característico da região, sendo independente do ano de estimativa de ETp.

O valor dos índices I e a serão calculados com as Equações 4 e 5.

$$I = \sum_{n=1}^{12} \left(0,2 \cdot Tn \right)^{1,514} \quad \text{Eq. 4}$$

$$a = 6,75 \cdot 10^{-7} \cdot I^3 - 7,71 \cdot 10^{-5} \cdot I^2 + 1,7912 \cdot 10^{-2} \cdot I + 0,49239 \quad \text{Eq. 5}$$

A evapotranspiração da cultura de café foi estimada pela relação entre a evapotranspiração de referência e o coeficiente de cultura (kc). Foram utilizados neste trabalho os valores de kc recomendados por Camargo e Pereira (1990) (Tabela 1). Como o balanço hídrico foi realizado diariamente e o valor de kc é mensal, o coeficiente foi repetido para cada dia até que se completou o mês, onde então o coeficiente foi mudado, adotando-se aquele do mês seguinte.

Tabela 1. Valores do coeficiente de cultura mensal do cafeeiro

Mês	Valor de kc	Mês	Valor de kc
Janeiro	0,89	Julho	0,73
Fevereiro	0,87	Agosto	0,73
Março	0,91	Setembro	0,74
Abril	0,79	Outubro	0,89
Maio	0,73	Novembro	0,90
Junho	0,73	Dezembro	0,95

O cafeeiro é uma planta que se adaptou bem no sistema de plantio em renque mecanizado, caracterizado por adensamento das plantas na linha de plantio, e maior espaçamento na entrelinha de plantio, proporcionando espaço para o tráfego das máquinas agrícolas. Atualmente, este é o sistema de cultivo predominante no Brasil, que substituiu o sistema de covas, onde o espaçamento entre plantas era consideravelmente maior. Por outro lado, não existe predominância no espaçamento entre plantas na linha e tampouco na entrelinha de plantio, o que influencia no número de plantas por área. Contudo, foram adotados neste trabalho, espaçamentos considerados, de consenso geral, como um dos mais usuais, no qual a distância entre plantas na linha é de 0,7 m e entrelinhas de 3,5 m. Nesse arranjo, a área disponível para cada planta é de 2,45 m² e consegue-se uma população de 4081 plantas por hectare.

Outro fator que foi considerado é o método de irrigação utilizado no cafeeiro. Atualmente, existe uma convergência para dois tipos de sistemas: o localizado, com uso de gotejadores (gotejamento); e o de aspersão, com uso de pivô central equipado com um sistema que aplica água em maior quantidade e a baixa pressão sobre as plantas (LEPA).

Nos dois métodos a entrelinha de plantio não é irrigada o que implica em alterações nos processos de perdas de água da lavoura, alterando a evapotranspiração da cultura

(Equação 6). Diante disso, foi adotado um coeficiente de ajuste para a evapotranspiração de cultura (Equação 7).

$$ETg = ETc \cdot kr \quad \text{Eq. 6}$$

$$kr = Tc + \frac{1}{2} \cdot (-Tc) \quad \text{Eq. 7}$$

Em que:

ETg = evapotranspiração de cultura para o sistema de irrigação localizada, mm dia⁻¹;

ETc = evapotranspiração de cultura, mm dia⁻¹;

kr = coeficiente que depende da taxa de cobertura da cultura sobre o solo, adimensional;

Tc = taxa de cobertura da cultura sobre o solo, 0,51 (adimensional).

A taxa de cobertura da cultura sobre o solo é obtida pela relação entre a área da projeção da copa da cultura e a área de solo disponível para o desenvolvimento da cultura. Foi considerado neste trabalho que as plantas apresentam uma área projetada pela copa no solo de 1,26 m², o que é muito comum em cafeeiros adultos.

No balanço hídrico de cultura um fator importante é a capacidade de água disponível no solo (CAD), a qual influencia sobremaneira no armazenamento de água no solo. Neste trabalho, considerou-se um valor de 100 mm, conforme adotado por Carvalho (2008).

Ao ser calculado o balanço hídrico, obteve-se os valores de excedente e de déficit hídrico em intervalos diários. Nos casos em que ocorreu déficit hídrico houve a necessidade de irrigação, visando repor a água retirada do solo pelas plantas. Por outro lado, quando ocorreu excedente julgou-se desnecessária a intervenção da irrigação. Portanto, o valor do déficit hídrico foi correlacionado com a vazão necessária ao sistema de irrigação (Equação 8), que por sua vez foi o valor retirado dos mananciais da bacia hidrográfica.

$$Q_{cap} = \sum_{i=1}^{73} 2 \frac{Def_i \cdot Área}{Ea} \quad \text{Eq. 8}$$

Em que:

Q_{cap} = vazão captada da bacia hidrográfica, m³ ano⁻¹;

Def_i = déficit hídrico no i-ésimo quinquídio, mm 5dias⁻¹;

Área = área a ser irrigada, 1 ha;

E_a = eficiência de aplicação de água do sistema de irrigação, adimensional.

O valor da eficiência de aplicação de água pelo sistema de irrigação varia de acordo com a metodologia utilizada. O sistema de gotejamento proporciona eficiências da ordem de 90/95%. O sistema de irrigação por pivô central com LEPA a eficiência está em torno de 80/90%. Neste trabalho foi adotado o valor geral de 90%, o qual é comum para os dois tipos de sistemas.

3.4 Cobranças pelo uso da água e os impactos sobre os custos e receitas do produtor

Uma vez determinada a quantidade de água utilizada pela cultura ao longo do ano, é possível determinar o custo total do uso da água para a irrigação (Equação 9) e os impactos da cobrança sobre o custo de produção (Equação 10) e sobre a receita líquida do produtor (Equação 11). Como o Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Araguari ainda está em fase de estudo sobre a metodologia de cobrança do uso da água, neste trabalho foi utilizada a metodologia de cálculo adotada pelo Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco, assim como os coeficientes de ajuste (ANA, 2009).

$$C_t = \left[Q_{cap} \cdot PPU_{cap} \cdot k_{cap\,clas} \cdot k_t \right] + \left[(Q_{cap} - Q_{lanç}) \cdot PPU_{cons} \cdot k_{cons} \cdot k_t \right] \quad \text{Eq. 9}$$

Em que:

C_t = custo total referente à cobrança do uso da água para irrigação, R\$ ha⁻¹ ano⁻¹;

Q_{cap} = vazão captada da bacia hidrográfica, m³ ano⁻¹;

$Q_{lanç}$ = vazão de lançamento de carga poluidora no rio, m³ ano⁻¹;

PPU_{cap} = preço público unitário para captação de água, R\$0,01 m⁻³;

PPU_{cons} = preço público unitário para consumo de água, R\$0,02 m⁻³;

$k_{cap\,clas}$ = coeficiente em função da classe do rio, 0,7 a 1,0 (adimensional);

k_t = coeficiente de boas práticas, 0,05 (adimensional);

k_{cons} = coeficiente que considera o retorno de parte da água captada de volta ao rio, 0,8 (adimensional).

O coeficiente que considera a classe do rio pode assumir valores de 0,7 a 1,0. Segundo IGAM (2009), as águas doces são classificadas em cinco categorias: Especial, Classe 1,

Classe 2, Classe 3 e Classe 4. Como não há critérios definidos sobre qual índice usar de acordo com a classe do rio, neste trabalho foi adotado nas simulações dos custos o seguinte critério: índice 1 para curso d'água Especial; índice 0,9 para curso d'água Classe 1; índice 0,8 para curso d'água Classe 2; índice 0,7 para curso d'água Classe 3. Não foi adotado o índice para Classe 4 pois a qualidade da água é tão baixa que poderia comprometer o sistema de irrigação.

$$ICP = \frac{Ct}{Cp} \cdot 100 \quad \text{Eq. 10}$$

$$IRL = \frac{Ct}{Rl} \cdot 100 \quad \text{Eq. 11}$$

Em que:

ICP = impacto da cobrança da água de irrigação sobre o custo de produção, %;

IRL = impacto da cobrança da água de irrigação sobre a receita líquida, %;

Cp = custo de produção da lavoura de café irrigada por gotejamento, R\$ ha⁻¹ ano⁻¹;

Rl = receita líquida da lavoura de café irrigada por gotejamento, R\$ ha⁻¹ ano⁻¹.

Adotar-se-á os valores do custo de produção e da receita líquida da lavoura de café irrigada citado em Agrianual (2010).

3.5 Área possível de ser irrigada com a vazão insignificante

Na Bacia Hidrográfica do Rio Araguari é considerado como uso insignificante a captação de vazão equivalente a 1 L s⁻¹, o que equivale a 86,4 m³ dia⁻¹ ou 31.536 m³ ano⁻¹. Essa informação, juntamente com aquela referente à necessidade de água da planta de café obtida no balanço hídrico, é possível calcular o quanto de área cultivada se pode irrigar com essa vazão (Equação 12), em cada uma das quatro Áreas delimitadas na bacia. Essa informação é importante para pequenos produtores e para o Comitê de Bacia Hidrográfica, pois dá uma aplicação e uma dimensão real para essa vazão.

$$AI_{vaz\ ins} = \frac{31.536}{Q_{cap}} \quad \text{Eq. 12}$$

Em que:

$AI_{\text{vaz ins}}$ = área irrigada com café usando somente a vazão captada considerada insignificante, ha.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas Figuras 9, 10, 11 e 12 são detalhadas a forma gráfica completa do balanço hídrico onde estão reunidos os resultados de déficit hídrico, excedente hídrico, reposição e retirada da água do solo. Esses dados nos mostram que, o valor do déficit hídrico corresponde à 25mm, 30mm, 15mm e 16mm respectivamente. Os maiores valores de déficit hídrico observados nas áreas 1 e 2 podem ser relacionados com as menores altitudes das referidas áreas em comparação com as áreas 3 e 4. A altitude juntamente com a latitude e longitude influenciam a temperatura do ar, que normalmente decresce com a elevação da altitude numa proporção de aproximadamente 1°C a cada 100 m (gradiente adiabático do ar seco) (ROSENBERG, 1974). Esta taxa de arrefecimento ocorre, pois uma massa de ar seco em ascensão está sujeita a pressão cada vez menor, aumentando seu volume e diminuindo a temperatura. Então, o ar aquecido próximo às plantas transfere energia para a cultura na forma de fluxo de calor sensível aumentando as taxas evapotranspiratórias e uma maior necessidade de retirada de água do solo causando um maior déficit hídrico.

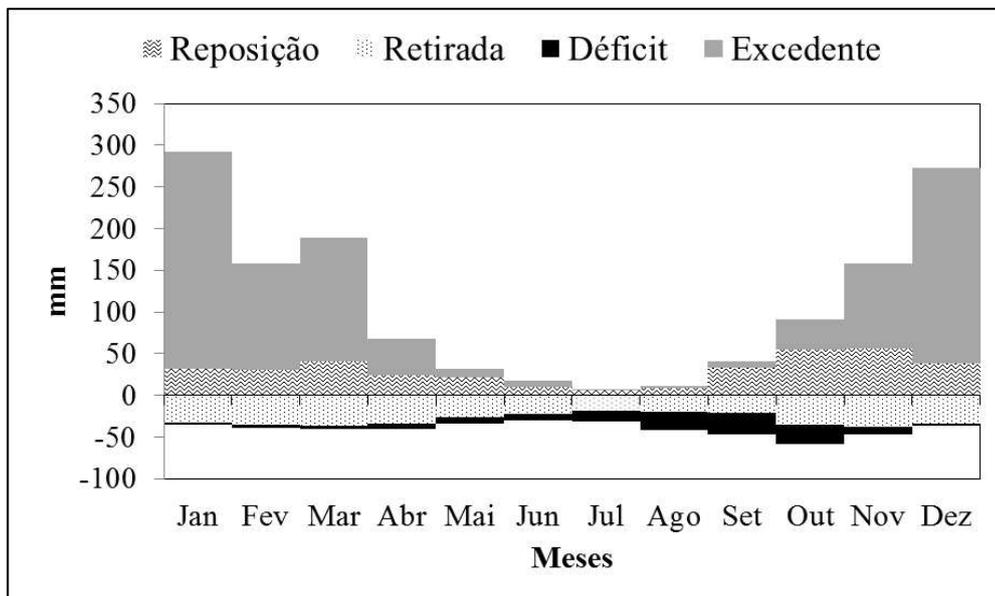


Figura 9. Balanço hídrico climatológico do cafeeiro para a área 1 representada por Uberlândia. CAD = 100mm.

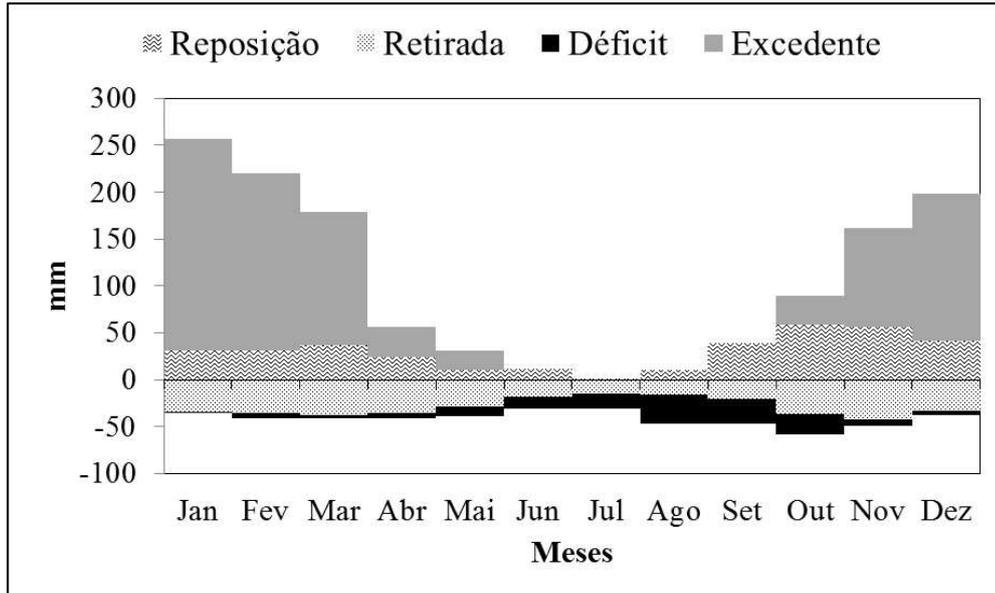


Figura 10. Balanço hídrico climatológico do cafeeiro para a área 2 representada por Indianópolis. CAD = 100mm.

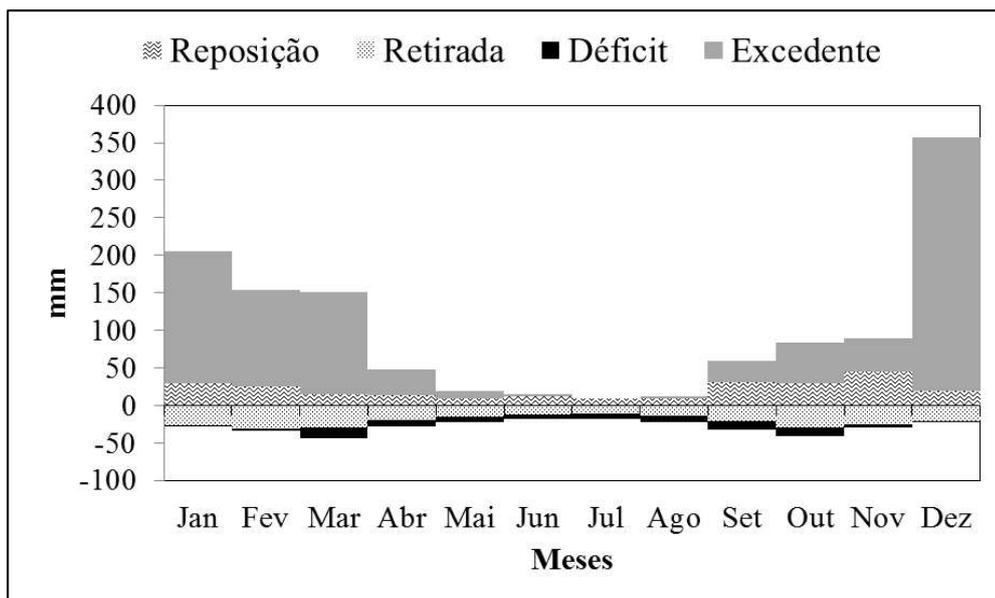


Figura 11. Balanço hídrico climatológico do cafeeiro para a área 3 representada por Patrocínio. CAD = 100mm.

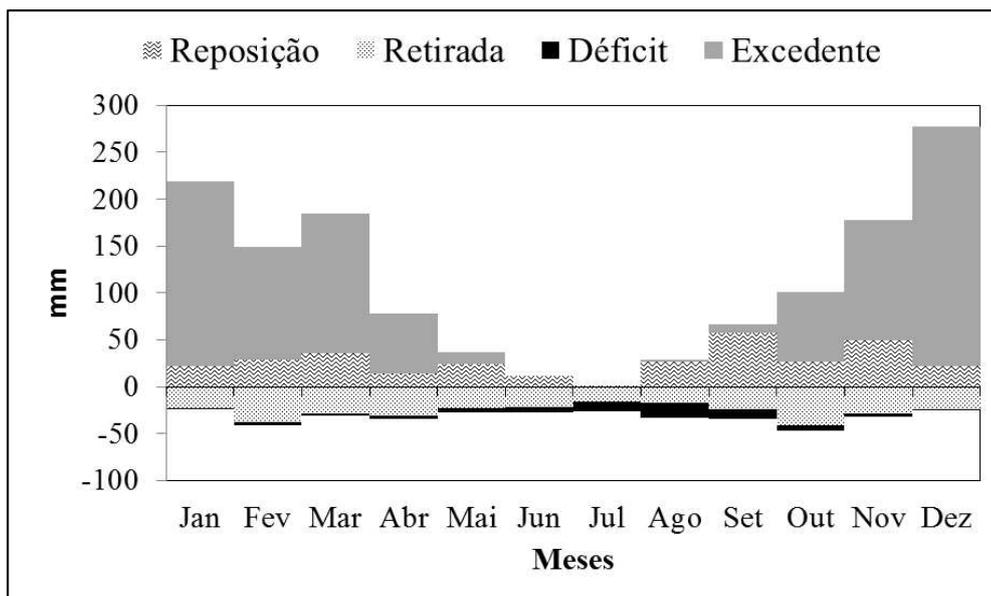


Figura 12. Balanço hídrico climatológico do cafeeiro para a área 3 representada por Patrocínio. CAD = 100mm.

Nos gráficos de balanço hídrico apresentados neste trabalho, verifica-se a presença de retirada, déficit, reposição e excedente em um único mês. Isso foi possível em função da metodologia de estimativa do balanço hídrico ter sido diária. Também contribuiu para que isso ocorresse, o fato de que as chuvas ocorreram concentradas e em altos volumes, o que é de normal ocorrência, e a demanda de água pela planta (T_e) é diária, sendo ela, muitas vezes superior à transpiração real da cultura (T_r), gerando o déficit hídrico. Com isso pode ser que ocorram altas precipitações em um dia, fazendo com que a CAD seja alcançada e gere grandes excedentes hídricos, mas no dia seguinte as retiradas de água voltam a acontecer (CARVALHO, 2008).

A partir do cálculo do balanço hídrico realizado para as sub-regiões da bacia hidrográfica (Araxá, Indianópolis, Patrocínio e Uberlândia), pôde-se obter os dados de déficit hídrico e em função deste, calcular a vazão captada a partir da Equação 8.

A vazão média anual para cada sub-região, bem como os demais resultados obtidos em cada sub-região estão compilados na Tabela 2. Neste trabalho, foram utilizados R\$9.595,21 e R\$1.095,79 como valores de custo de produção e de receita líquida do produtor, respectivamente, considerando uma produtividade de 50 sacos por hectare. Analisando a Tabela 2, nota-se que as maiores vazões médias foram encontradas para Indianópolis e Uberlândia, indicando uma maior necessidade de água para a irrigação dos cafezais cultivados nesses locais, e em função disso, os produtores terão um maior custo anual com o pagamento da água de irrigação (C_t). Nesse sentido, o impacto no custo de produção (ICP) e na receita líquida (IRL) desses produtores também foi maior, quando comparado com aquela verificada

para os produtores das demais sub-regiões. Quando foi calculada a área possível de ser irrigada com a vazão considerada insignificante pelo Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Araguari (1 L s^{-1}), nota-se (Tabela 2) que na sub-região de Araxá é possível, quando se realizada o manejo adequado da irrigação, irrigar 35,9 ha, ao passo que na sub-região de Indianópolis é possível cultivar apenas 20,1 ha com a referida vazão.

Os resultados deste trabalho demonstraram também, que a vazão captada média na bacia hidrográfica foi de $1.189,90 \text{ m}^3 \text{ ano}^{-1}$, que proporcionará um custo médio de $\text{R}\$1,43 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ e impactará o custo de produção e a receita líquida do produtor em 0,01% e 0,13%, respectivamente (Tabela 3). Tais impactos são muito baixos, comprovando que o valor cobrado do produtor ($\text{R}\$0,01 \text{ m}^{-3}$) pelo Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Araguari é simbólico e tem caráter educativo, no sentido de evitar o desperdício.

Tabela 2. Valores de vazão captada (Q_{cap}), custo total (Ct), impacto no custo de produção (ICP), impacto na receita líquida e área possível de ser irrigada com a vazão insignificante (AI), calculados para cafezais cultivados em quatro sub-regiões da Bacia Hidrográfica do Rio Araguari

Discriminação	Sub-região			
	Araxá	Indianópolis	Patrocínio	Uberlândia
$Q_{\text{cap}} (\text{m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1})$	878,43	1565,96	993,60	1406,27
$\text{Ct} (\text{R}\$ \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1})$	1,05	1,88	1,19	1,69
ICP (%)	0,01	0,02	0,01	0,02
IRL (%)	0,10	0,17	0,11	0,15
AI (ha)	35,9	20,1	31,7	22,4

Tabela 3. Valores médios de vazão captada (Q_{cap}), custo total (Ct), impacto no custo de produção (ICP), impacto na receita líquida e área possível de ser irrigada com a vazão insignificante (AI), calculados para cafezais cultivados na Bacia Hidrográfica do Rio Araguari

Discriminação	Valores
$Q_{\text{cap}} (\text{m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1})$	1189,9
$\text{Ct} (\text{R}\$ \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1})$	1,43
ICP (%)	0,01
IRL (%)	0,13
AI (ha)	26,5

5 CONCLUSÕES

- O impacto no custo de produção e na receita líquida dos produtores de café da Bacia Hidrográfica do Rio Araguari é, respectivamente, de 0,01% e 0,13%;
- A área possível de ser irrigada com vazão considerada insignificante pelo referido comitê é, em média, de 26,5 ha.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA. **Gerência de Outorga**. Disponível em: <<http://www.ana.gov.br/gestaoRecHidricos/outorga/default2.asp/>> Acesso em: 10 de mai. 2011.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA. **Águas Brasil nº 7**. Disponível em: <<http://www.ana.gov.br/bibliotecavirtual/>> Acesso em: 01 de mai. 2009.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA. **GEO Brasil**: recursos hídricos: resumo executivo. Ministério do Meio Ambiente; Agência Nacional das Águas; Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente: Brasília, 2007. 60 p.

AGRIANUAL. **Anuário estatístico da agricultura brasileira**. São Paulo: FNP, 2010. 545 p.

CAMARGO, A. P. de; PEREIRA, A. R. **Prescrição de rega por modelo climatológico**. Campinas: Função Cargill, 1990. 27p

CAMPOS, M. A.; TESTEZLAF, R. Impacto da cobrança pelo uso da água no custo de produção da tomaticultura de mesa no município de Estiva Gerbi, estado de São Paulo. **Informações Econômicas**, São Paulo, v.39, n. 3, p50-55, 2009.

CARVALHO, H. P. **Irrigação, balanço hídrico climatológico e uso eficiente da água na cultura de café**. Piracicaba. 168 f. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo. 2008

CHRISTOFIDIS, D. **Agricultura irrigada sustentável no Semi-Árido e no Rio Grande do Norte**. ITEM-ABID, Brasília, n. 74/75, p. 62-67, 2007.

COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO SÃO FRANCISCO – CBHSF. **Estudos na área de cobrança pelo uso de água com o objetivo de estabelecer critérios e condições que possibilitem a aplicação desse instrumento na Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco**: relatório final. Disponível em: <<http://www.saofrancisco.cbh.gov.br/DOCZ/Estudo.Aspectos.Institucionais.Impacto.Cobranca.12.2007>>. Acesso em: 01 mai. 2009.

DANTAS NETO, J.; RIBEIRO, R. M. M.; FARIAS, R. A. S.; CABRAL, S. W.; FAMÁ, G. C. C. Análise de demandas e impacto da implementação da cobrança no setor agrícola na cultura da banana pacovan irrigada. In: SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE, 8. Gravatá, 2006. **Anais...** Gravatá: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, p. 7.

ESPERANCINI, M. S. C.; NAGAOKA, M. P. T.da; MARTINS, C. M. de. Análise da eficiência da cobrança de água como instrumento de controle ambiental em algumas culturas irrigadas no estado de São Paulo. **Holos**, Natal, v. 2, n. 1, p. 25-35, 2002.

INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS DE MINAS GERAIS – IGAM. **Uso da água é mapeado na bacia do Rio Araguari**. Disponível em: <http://www.igam.mg.gov.br/index.php?option=com_content&task=category§ionid=1&id=1&Itemid=257> Acesso em: 01 de maio de 2009.

Brasil LEI nº 9433/97. **Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos**, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Brasília, DF. 1997.

Brasil LEI nº 9984/00. **Dispõe sobre a criação da Agência Nacional de Águas - ANA**, entidade federal de implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e de coordenação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, e dá outras providências. Brasília, DF. 2000.

Brasil LEI nº 13199/99. **Dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos**, cria o Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Belo Horizonte, MG. 1999.

LIMA, J. E. F. W.; FERREIRA, R. S. A.; CHRISTOFIDIS, D. **O uso da irrigação no Brasil**. Disponível em: <http://ag20.cnptia.embrapa.br/Repositorio/irrigacao_000f17vsa7f02wyiv80ispcrr5frxoq4.pdf> Acesso em: 10 de maio de 2011.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE – MMA. **Secretaria de Recursos Hídricos e Ambiente Urbano**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/sitio/index.php?ido=conteudo.monta&idEstrutura=161&idConteudo=9513>> Acesso em: 28 de abril de 2011.

MANTOVANI, EC; BERNARDO, S; PALARETTI, LF. **Irrigação: princípios e métodos**. Ed. UFV: Viçosa, 2007 358 p.

PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L. R.; SENTELHAS, P. C. **Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas**. Guaíba: Agropecuária, 2002. 478 p.

ROSENBERG, N.J. **Microclimate: the biological environment**. 2 ed. New York: John Wiley & Sons, 1974.

SHIMIZU, W. A. **Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Araguari: desafios e perspectivas. 2ª Reunião Ordinária do CBH Paranaíba**. Disponível em: <<http://cbharaguari.com.br/site/modules/mydownloads/>> Acesso em 01 de maio de 2009.

THORNTHWAITE, C. W.; MATTER, J. R. **The water balance**. Centerton: The Laboratory of Climatology, 1955. (Publications in Climatology, v.8, n.1).