

JOÃO BATISTA LÚCIO CORRÊA

**PROCESSOS HIDROLÓGICOS QUANTITATIVOS E PARÂMETROS
DE QUALIDADE DA ÁGUA NA CULTURA DE MACAÚBA (*Acrocomia
aculeata*), ARAPONGA - MG**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, para obtenção do título de Doctor Scientiae.

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2014

**Ficha catalográfica preparada pela Biblioteca Central da Universidade
Federal de Viçosa - Câmpus Viçosa**

T

C824p
2014

Corrêa, João Batista Lúcio, 1960-
Processos hidrológicos quantitativos e parâmetros de
qualidade da água na cultura de macaúba (*Acrocomia aculeata*),
Araponga - MG / João Batista Lúcio Corrêa. – Viçosa, MG,
2014.
x, 66f. : il. (algumas color.) ; 29 cm.

Orientador: Herly Carlos Teixeira Dias.
Tese (doutorado) - Universidade Federal de Viçosa.
Inclui bibliografia.

1. Hidrologia florestal. 2. Bacia hidrográfica.
3. Precipitação (Meteorologia). 4. Água - Análise. 5. Macaúba.
6. (*Acrocomia aculeata*). I. Universidade Federal de Viçosa.
Departamento de Engenharia Florestal. Programa de
Pós-graduação em Ciência Florestal. II. Título.

CDD 22. ed. 634.9116

JOÃO BATISTA LÚCIO CORRÊA

**PROCESSOS HIDROLÓGICOS QUANTITATIVOS E PARÂMETROS
DE QUALIDADE DA ÁGUA NA CULTURA DE MACAÚBA (*Acrocomia
aculeata*), ARAPONGA - MG**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, para obtenção do título de Doctor Scientiae.

APROVADA: 27 de maio de 2014.

Valdir de Cicco

Kelly Cristina Tonello

Aurora Yoshiko Sato

Elias Silva

Herly Carlos Teixeira Dias
(Orientador)

AGRADECIMENTOS

À Inteligência Suprema e causa primária de todas as coisas, pela vida e as inúmeras oportunidades por ela oferecidas.

Ao meu pai João Corrêa Netto, hoje residindo no plano espiritual, por todo apoio, exemplo de tolerância e compreensão a me influenciar por toda vida.

À minha mãe Izabel Lúcia Corrêa pela dedicação de toda uma existência, renunciando sempre, em prol dos filhos.

À minha amada esposa Magda, aquela que representa a felicidade dos bons momentos e o amparo das horas difíceis, por todo apoio e compreensão nestes tempos em que a tese sempre exigia dedicação.

Aos meus filhos João Paulo e Marina pela felicidade que me proporcionam e pelo incentivo recebido na troca de ideias sobre as dificuldades da vida acadêmica.

À Universidade Federal de Viçosa (UFV) e ao Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, pela oportunidade de realizar mais esta conquista.

Ao Professor Ds Herly Carlos Teixeira Dias, com sua experiência acadêmica, aliada a uma índole generosa e humilde, agradeço pela oportunidade, acolhimento e orientação ao longo do curso.

Aos membros da banca de qualificação Drs Laércio Antônio Gonçalves Jacovine, Haroldo Nogueira de Paiva, Elias Silva e Sebastião Venâncio Martins, pelo aprendizado que me proporcionaram nessa importante etapa do curso.

Aos membros da Banca de Defesa de Tese, Drs Valdir de Cicco, Elias Silva, Kelly Cristina Tonello e Aurora Yoshiko Sato pela precisa e eficiente contribuição.

Aos graduandos em Engenharia Florestal Alexandre Ferraz e Felipe Manoel que contribuíram com sugestões e no trabalho pesado da montagem do experimento. Sem a participação de vocês, tudo seria mais difícil.

A todos os professores do Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, pelos conhecimentos transmitidos.

Ao Professor Sérgio Y. Motoike, por permitir a realização deste estudo em área de experimentação sob sua direção.

Aos amigos da Estação Experimental de Araponga-MG, em especial o Sr. Itamar pela disponibilidade e boa vontade sempre, e ao Flávio que participou ativamente na coleta de dados para este estudo.

Aos colegas do Laboratório de Hidrologia Florestal/DEF/UFV em especial Paulo Cezar, Lilian e Machado, sempre prontos a colaborar.

BIOGRAFIA

João Batista Lúcio Corrêa, filho de João Corrêa Netto e Izabel Lúcia Corrêa, nasceu na cidade de Rio Pomba, Minas Gerais, em 18 de março de 1960.

Concluiu o curso primário no Grupo Escolar São José, o ginásial na Escola Estadual Profº José Borges de Moraes, ambos em Rio Pomba, Minas Gerais, e o curso científico no Colégio Universitário – COLUNI, da Universidade Federal de Viçosa, em 1978.

Em 1979, ingressou no curso de Agronomia da Universidade Federal de Viçosa, graduando-se em dezembro de 1983.

Em agosto de 2004, ingressou no Programa de Mestrado em Ciência Florestal no Departamento de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Viçosa, concluindo em julho de 2006.

Ingressou em março de 2011 no programa de Doutorado em Ciência Florestal do Departamento de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Viçosa, concluindo em maio de 2014.

SUMÁRIO

RESUMO	vii
ABSTRACT.....	ix
I. INTRODUÇÃO GERAL.....	1
Aspectos botânicos da macaúba	3
Aspectos econômicos da cultura da macaúba	3
Processos hidrológicos	4
Precipitação	5
Escoamento pelo tronco	6
Escoamento superficial.....	7
Qualidade da água	9
pH da água.....	10
Turbidez da água	11
Condutividade elétrica.....	12
III. OBJETIVOS.....	13
CAPÍTULO 1	17
PRECIPITAÇÃO EFETIVA E INTERCEPTAÇÃO DA CHUVA EM PLANTIO DE MACAÚBA NO MUNICÍPIO DE ARAPONGA – MG.....	17
1. INTRODUÇÃO.....	17
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	19
2.1. Área de estudo	19
2.2. Metodologia.....	20
2.2.1 Precipitação em aberto e interna	20
2.2.2 Escoamento pelo tronco	21
2.2.3. Precipitação efetiva (PE)	22
2.2.4 Perdas por interceptação (Ic).....	22
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	23
3.1. Precipitação interna (PI).....	24
3.2. Escoamento pelo tronco (Et)	25
3.3. Precipitação efetiva (PE).....	27
3.4. Perdas por interceptação (Ic)	28
4. CONCLUSÕES.....	30
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	31

CAPÍTULO 2	32
INFLUÊNCIA DO NÚMERO DE FOLHAS DA PLANTA DE MACAÚBA (Acrocomia aculeata) NA CORRELAÇÃO ENTRE ESCOAMENTO PELO TRONCO E A PRECIPITAÇÃO EM ABERTO.....	32
1. INTRODUÇÃO.....	32
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	33
2.1. Área de estudo	33
2.2. Metodologia.....	33
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	35
4. CONCLUSÕES.....	39
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	40
CAPÍTULO 3	41
ESCOAMENTO SUPERFICIAL DE ÁGUA DE CHUVA EM PLANTIO EXPERIMENTAL DE MACAÚBA (Acrocomia aculeata), SOB DIFERENTES FORMAS DE MANEJO	41
1. INTRODUÇÃO.....	41
2. MATERIAL E MÉTODO.....	43
2.1. ÁREA DE ESTUDO	43
2.2. METODOLOGIA	44
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	46
4. CONCLUSÕES.....	52
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	53
CAPÍTULO 4	54
TURBIDEZ, CONDUTIVIDADE ELÉTRICA E pH DA ÁGUA DA CHUVA EM PLANTIO EXPERIMENTAL DE MACAÚBA (Acrocomia aculeata).....	54
1. INTRODUÇÃO.....	54
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	55
2.1. Área de estudo	55
2.2. Plantio das mudas de macaúba	55
2.2.1 Precipitação em aberto e interna	57
2.2.2. escoamento pelo tronco	58
2.2.3. Análises em laboratório.....	59
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	59

4. CONCLUSÕES	64
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	65
V. CONCLUSÃO GERAL	66

RESUMO

CORRÊA, João Batista Lúcio, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, maio de 2014. **Processos hidrológicos quantitativos e parâmetros de qualidade da água na cultura de macaúba (*Acrocomia aculeata*), Araponga – MG.** Orientador: Herly Carlos Teixeira Dias.

Foram avaliados os processos hidrológicos quantitativos e parâmetros de qualidade da água durante um período do desenvolvimento da cultura da macaúba (setembro de 2012 a agosto de 2013), na Fazenda Experimental da UFV, no município de Araponga, MG, com o objetivo de conhecer as correlações da precipitação em aberto (PA) com a precipitação interna, com o escoamento pelo tronco e com o escoamento superficial; bem como, a turbidez, o pH e a condutividade elétrica nas águas de precipitação interna e de escoamento pelo tronco. O estudo está distribuído em quatro capítulos, além de uma revisão bibliográfica. O primeiro capítulo apresenta o estudo sobre a precipitação efetiva e a interceptação da cultura da macaúba. O segundo aborda a relação entre o número de folhas e o escoamento pelo tronco. O terceiro discute a correlação entre o escoamento superficial e a precipitação em aberto em três diferentes tratamentos: T1 com quatro plantas de macaúba em covas, T2 com quatro plantas de macaúba em covas mais cordão de contorno e T3 com quatro plantas de macaúba em covas mais plantio de feijão nas entrelinhas das macaúbas. O quarto capítulo apresenta as alterações promovidas na turbidez, na condutividade elétrica e no pH da água da chuva em sua interação com as plantas de macaúba. As amostras de precipitação (aberto e interna), de escoamento pelo tronco e escoamento superficial foram obtidas através de pluviômetros de PVC, coletores de escoamento pelo tronco feitos de pneus de motocicleta e em parcelas de escoamento superficial delimitadas por rufos metálicos, respectivamente. No período de estudo (12 meses) a precipitação em aberto foi de 1339,5 mm, sendo a precipitação interna, o escoamento pelo tronco, a precipitação efetiva e as perdas por interceptação equivalentes a 90,08%, 4,55%, 94,63% e 5,37% da precipitação em aberto, respectivamente. Observou-se que quanto maior o número de folhas da planta de macaúba, maior o volume de escoamento pelo tronco, obtendo-se 2,39%, 3,97%, 5,08% e 6,72% da precipitação em aberto, para plantas com 10, 13, 18 e 22 folhas, respectivamente. O escoamento superficial foi significativamente menor no tratamento com cordão de contorno (T2) apresentando o volume de escoamento de 0,10% da precipitação em aberto ocorrida no período, enquanto os tratamentos T1 e T3 apresentaram volume de escoamento equivalente a 0,21% e 0,26% da precipitação em

aberto, respectivamente. A água de escoamento pelo tronco apresentou elevados valores de turbidez e condutividade elétrica quando comparados com as águas de precipitação em aberto e interna, as quais não apresentaram diferenças significativas entre si. Em conjunto, os resultados permitem inferir que a planta de macaúba, por sua copa em formato de funil promove boa redistribuição da água da chuva e elevado volume de escoamento pelo tronco, favorecendo a infiltração da água no solo. Também, que a interação das águas da chuva com o caule das plantas promove a ciclagem de nutrientes.

ABSTRACT

CORRÊA, João Batista Lúcio, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, may, 2014. **Quantitative hydrological processes and water quality parameters in macaúba palm (*Acrocomia aculeata*) cultivation, Araponga – MG.** Adviser: Herly Carlos Teixeira Dias.

The quantitative hydrological processes and water quality parameters were assessed during the development period of a macaúba palm cultivation (September 2012 to august 2013), at the UFV Experimental Farm, municipality of Araponga MG. The goals of this work were evaluating: pH, turbidity and electrical conductivity in the internal precipitation and stemflow waters; and the correlation between total precipitation and internal precipitation, stemflow and surface runoff. The study was divided into four chapters and a literature review. Chapter 1 presents a study concerning net precipitation and interception by the macauba palm cultivation. Chapter 2 approaches the relationship between the number of leaves and the stemflow. Chapter 3 discusses the correlation between surface runoff and total precipitation as affected by three treatments: T1 with four macauba palm individuals planted in caves, T2 with four macauba palm individuals planted in caves and a barrier contour and T3 with four macauba palm individuals planted in caves and common bean cultivations in the macauba interrows. Chapter 4 discusses the changes promoted on rain water turbidity, electrical conductivity and pH by the interaction with macauba palm plants. Precipitation (total and internal), stemflow and surface runoff water samples were obtained through PVC pluviometers, flow collectors made of motorcycle tires and surface runoff parcels delimited by metal sheets, respectively. During the period of 12 months the total precipitation was 1339.5 mm, and the internal precipitation, the stemflow, the net precipitation and the loss by interception represented 90.08, 4.55, 94.63 and 5.37% of total precipitation, respectively. The increase in the number of leaves per plant led to increases in the water volume collected through stemflow, as the stemflow of plants with 10, 13, 18 and 22 leaves represented 2.39, 3.97, 5.08 and 6.72% of the total precipitation. The surface runoff was significantly decreased when the barrier contours were used (T2), representing 0,1% of the total precipitation, whereas in the treatments T1 and T3 it represented 0.21 and 0.26% of the total precipitation, respectively. The water from stemflow showed high values for turbidity and electrical conductivity when compared to the water collected to estimate total and internal precipitation, which did not show significant differences among them. The results of the present study suggest that, due to

its funnel shape, macauba palm plants promote a good rain water redistribution and a high stemflow, thus favoring the water infiltration in the soil. Also, the interaction between the rain water and the plants stem promotes nutrient cycling.

I. INTRODUÇÃO GERAL

Desde a colonização até os dias atuais, o uso e ocupação do solo no Brasil têm ocorrido sem a mínima preocupação com a conservação dos recursos naturais, responsáveis pela manutenção das atividades econômicas e, conseqüentemente, da vida conforme a conhecemos. O atual modelo de desenvolvimento tem como principal matriz energética os combustíveis fósseis, considerados como recursos não renováveis, que caminham a passos largos para a exaustão. Essa realidade caracteriza esse modelo como não sustentável, exigindo que as pesquisas se voltem para a busca de alternativas energéticas ditas sustentáveis. Muitas destas, apesar de contribuírem com a produção de energia renovável, são responsáveis por gerarem impactos ambientais e sociais diversos. Nesse sentido, a palmeira macaúba (*Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd. Ex Martius) surge como fonte alternativa na produção de biodiesel, se destacando pela elevada produção de óleo e por se adequar a modelos agrícolas de base ecológica.

A macaúba (*Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd. Ex Martius) é uma palmácea oleaginosa nativa da flora brasileira, cujas potencialidades têm merecido destaque no meio científico (DIAS et al., 2011). Vários estudos sinalizam que a macaúba cultivada poderá atingir a produtividade de 4,8 t/ha de óleo, equivalente à da palma africana (dendê). Atualmente, o dendê é a cultura com maior produtividade de óleo por hectare cultivado e também a que contribui com a maior parcela do óleo vegetal produzido em nível mundial. A vantagem da macaúba em relação ao dendê é sua adaptabilidade a toda zona tropical da América Latina, ao passo que a palma está restrita a zonas equatoriais (PIMENTEL, 2011).

Proporcionar uma boa produtividade de óleo para ser usado como biodiesel e, ao mesmo tempo, permitir proteção ao solo evitando o processo erosivo e conservar a água em termos de qualidade e disponibilidade podem ser benefícios oferecidos pela cultura da macaúba, quando bem manejada. Segundo Dias et al. (2011), a macaúba, por suas características botânicas e morfológicas favorece a redistribuição da água de forma eficiente. Consideram que a copa da planta, em forma de funil, com folíolos funcionando como pequenas calhas são capazes de direcionar a água da chuva interceptada para a região central da folha e dirigi-la para o estipe. Afirmam, ainda, que a presença de espinhos e pelos aumenta a área de captação mantendo a umidade e a temperatura microclimática. Enfim, os autores inferem que o cultivo da macaúba contribui de forma positiva nos processos hidrológicos, promovendo maior infiltração da água no solo e reduzindo o escoamento superficial.

Nesta pesquisa, iniciada em área plantada com macaúba, em idade de três (3) anos e meio, foram monitorados, além da precipitação em aberto, a precipitação interna, o escoamento pelo tronco e o escoamento superficial, com o objetivo de estudar a correlação entre estes processos. Também, foram estudadas as características físicas de qualidade da água de precipitação interna e de escoamento pelo tronco.

Hipótese: Devido às características morfológicas da palmeira macaúba, espera-se confirmar que esta cultura favoreça o ciclo hidrológico, permitindo uma maior infiltração da água no solo, evitando-se assim processos erosivos, se prestando, portanto, à utilização na recuperação de áreas degradadas, ao mesmo tempo em que desponta como boa alternativa econômica para os produtores rurais, na produção de óleo vegetal para biodiesel.

II. REVISÃO DE LITERATURA

Aspectos botânicos da macaúba

As palmeiras são plantas monocotiledôneas da família Arecaceae (Palmae). São representadas por cerca de 2.600 espécies reunidas em mais de 240 gêneros (LORENZI et al., 2004).

A palmeira macaúba (*Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd. Ex Martius) é uma palmeira nativa das florestas tropicais que, no Brasil, ocorre do Pará até São Paulo, Rio de Janeiro e Mato Grosso do Sul, principalmente em áreas de vegetação aberta (cerrado, mata semidecídua e florestas conturbadas). Apresenta caule simples, sempre cilíndrico, raramente com algum intumescimento, diâmetro de 20 a 30 cm, altura de 10 a 15 m, coberto pelas bases persistentes das folhas, associadas a espinhos, principalmente em plantas jovens. Com 10 a 30 folhas por planta, pinas irregularmente dispostas e inseridas em planos diferentes ao longo da raque. Inflorescências interfolias; flores pistiladas na base dos ramos. Frutos globosos, epicarpo lenhoso verde-amarelado, com 3,5-5,0 cm de diâmetro, com mesocarpo amarelado fibroso-mucilaginoso, comestível (LORENZI et al., 2004).

Aspectos econômicos da cultura da macaúba

O Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel, consolidado pela Lei 11.905 de 13 de janeiro de 2005, que dispõe sobre a introdução do biodiesel na matriz energética brasileira, estabeleceu a obrigatoriedade de se adicionar um percentual mínimo de 5% de biodiesel ao óleo diesel comercializado ao consumidor final, em qualquer parte do território nacional, devendo, tal obrigatoriedade, ser cumprida no prazo de até 8 anos após a publicação da lei. A referida lei estabeleceu, também, que o biodiesel necessário ao atendimento dos percentuais mencionados terá que ser processado, preferencialmente, a partir de matérias-primas produzidas por agricultor familiar, inclusive as resultantes de atividade extrativista. Isto se torna um importante incentivo ao agricultor familiar, sem impedir que a cultura da macaúba possa se desenvolver em grande escala visando atender às exigências da lei (FRAGA, 2011).

Além do Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel, foi criado um programa estadual de incentivo à cultura da macaúba. Motoike, et al. (2011), citam que

incentivado pela grande possibilidade de exploração sustentável da macaúba em Minas Gerais foi sancionada a Lei nº 19.485 de 13 de janeiro de 2011, que instituiu a política estadual de incentivo ao cultivo, à extração, à comercialização, ao consumo e à transformação da macaúba e das demais palmeiras oleaginosas, sendo considerada a ação governamental mais ousada, em prol da exploração racional da cultura da macaúba no Brasil.

Segundo Lorenzi (2006), a macaúba constitui importante fonte de recursos para agricultores familiares, pois seus produtos são utilizados como alimento, combustível, medicamentos caseiros, cobertura de casas e, em alguns casos, como matéria prima para a indústria local.

Os coprodutos derivados do processo de extração do óleo também são considerados como fonte alternativa de renda, como por exemplo a torta da polpa que tem alto valor proteico e pode ser usada como ração animal e o endocarpo que tem alto valor calorífero podendo ser usado como carvão (LORENZI et al., 2011).

Fraga (2011), afirma que o modelo extrativista de exploração da macaúba precisa ser revisto, sendo necessária a busca de alternativas para aumentar a produtividade do sistema, que deve ser direcionado para o plantio racional desta palmeira, visando à extração de óleo vegetal.

Processos hidrológicos

A hidrologia leva em conta todos os parâmetros que entram no fenômeno do ciclo da água dentro do meio terrestre. Geralmente, estuda-se este ciclo da água num sistema fechado que se chama ciclo hidrológico. O balanço hídrico desse sistema pode se resumir, para um dado intervalo de tempo, segundo a formulação simples de conservação de massa: entradas + armazenamento inicial = saídas + armazenamento final. Infelizmente, não é fácil avaliar e medir fisicamente os parâmetros que intervêm nessa formulação. Para simplificar o problema, os hidrólogos têm o hábito de trabalhar num sistema hidrológico bem definido denominado de bacia hidrográfica. A bacia tem por um lado a noção topográfica de divisor de água e de outro a noção da área de interceptação das precipitações (TUCCI, 2004).

O papel desempenhado pela cobertura vegetal no processo de circulação da água é uma das questões mais controversas em hidrologia. Isso se deve à complexidade dos fenômenos envolvidos nas interações da água com o meio solo-vegetação-atmosfera, ou seja, durante os processos de interceptação e evapotranspiração. A preocupação com o

desflorestamento vem à tona toda vez que uma nova enchente catastrófica ou uma seca ocorre em algum lugar do mundo. Vários estudos foram então desenvolvidos, em todo o mundo, na tentativa de se explicar os efeitos da vegetação na geração de vazões e na evapotranspiração (NEVES et al., 2007).

Considerando que qualquer ponto sobre a superfície terrestre está, necessariamente, localizado em uma bacia hidrográfica, pode-se concluir que qualquer atividade a ser desenvolvida em um determinado local acarretará impacto direto ou indireto dentro dos limites da bacia hidrográfica, estabelecidos pelo divisor de águas. Por isso, torna-se importante conhecer parâmetros como vazão, precipitação, interceptação das águas da chuva pela vegetação, escoamento superficial, entre outros, para se avaliar o comportamento da água durante o desenvolvimento de uma cultura agrícola.

Precipitação

A precipitação é entendida em hidrologia como toda água proveniente do meio atmosférico que atinge a superfície terrestre. Neblina, chuva, granizo, orvalho, geada e neve são formas diferentes de precipitações. O que diferencia essas formas de precipitações é o estado em que a água se encontra (TUCCI, 2004).

A atmosfera pode ser considerada como um vasto reservatório e um sistema de transporte e distribuição do vapor de água. Todas as transformações aí realizadas são à custa do calor recebido do sol (SOUZA PINTO et al., 1976).

A umidade atmosférica, apesar de não ser o único, é o elemento fundamental para a formação de precipitações, mas toda a dinâmica passada neste estágio interessa mais ao meteorologista, cabendo ao hidrólogo cuidar dos caminhos das águas depois que elas atingem a superfície. Como a vazão de um curso d'água está relacionada com a chuva total, há necessidade de se avaliar esta mesma chuva, que é medida em termos de altura de água numa superfície plana e impermeável, normalmente em milímetros (TUCCI, 2004).

As precipitações atmosféricas representam, no ciclo hidrológico, o importante papel de elo entre os fenômenos meteorológicos propriamente ditos e os do escoamento superficial. Deriva daí, sobretudo, a importância do estudo das precipitações atmosféricas (GARCEZ & ALVAREZ, 2012).

A determinação da intensidade de precipitação é importante para o controle de inundação e a erosão do solo. Por sua capacidade de produzir escoamento, a chuva é o

tipo de precipitação mais importante para a hidrologia. As características principais das precipitações são o seu total, duração e distribuições temporal e espacial. O total precipitado não tem significado se não estiver ligado a uma duração. Por exemplo, 100 mm pode ser pouco em um mês, mas muito em um dia ou, ainda mais, numa hora (TUCCI, 2004).

Segundo Casartelli (2006) os pluviômetros, utilizados para medir o volume de precipitação, são recipientes cilíndricos, abertos na extremidade superior, formando uma área de coleta de 400 cm², por exemplo. Através de um funil, a água recolhida é direcionada para o seu interior, podendo ser, posteriormente, descarregada por um registro na sua base. Todos os dias, sempre à mesma hora, mede-se o volume de água recolhido e calcula-se o volume precipitado.

Para conhecer a variabilidade temporal dos eventos chuvosos torna-se necessário o uso de equipamento automático, o pluviógrafo, permitindo medir as intensidades das chuvas durante intervalos de tempo inferiores àqueles obtidos com as observações manuais feita nos pluviômetros (TUCCI, 2004). Os valores registrados pelos pluviógrafos podem ser lidos diretamente na tela do aparelho ou transferidas para um computador através de software específico. Os dados podem ficar registrados por um ano no aparelho para, a partir daí, iniciar novo registro.

Tucci (2004) esclarece que através de satélite é possível observar o deslocamento das grandes massas na atmosfera, como por exemplo, a evolução destas na América do Sul ou sobre uma região geográfica no Brasil. O autor esclarece que se pode estimar, em sistemas convectivos, a quantidade de água precipitável. Também que, por meio de radar, é possível registrar eventos de precipitação em escalas bem menores do que se consegue com satélites, dentro de um raio de aproximadamente 180 km.

No caso de ecossistemas com espécies florestais, visando aprimorar práticas de manejo, importa conhecer, além da precipitação em aberto; a precipitação interna, equivalente às gotas de chuva que ultrapassando o dossel atingem o solo; o volume de água escoado pelo tronco e a precipitação efetiva, correspondente à soma da precipitação interna com o escoamento pelo tronco.

Escoamento pelo tronco

A cobertura florestal possui uma estreita relação com o ciclo hidrológico de uma bacia hidrográfica, interferindo no movimento da água em vários compartimentos do sistema, inclusive nas saídas para a atmosfera e para os rios. Uma das principais

influências da vegetação ocorre já no recebimento das chuvas pelas copas das árvores, quando se dá o primeiro fracionamento da água, onde uma parte é temporariamente retida pela massa vegetal e em seguida evaporada para a atmosfera (interceptação) e o restante alcança o piso como gotejamento ou precipitação interna e como fluxo que escoam pelo tronco das árvores (ARCOVA, CICCIO e ROCHA, 2003).

A cobertura vegetal tem o papel inicial de barrar as gotas da chuva, anulando o papel do splash, e posteriormente, as raízes e o tronco da planta oferecem resistência aos materiais transportados superficialmente pela água (PINESE JUNIOR et al., 2008). O escoamento pelo tronco é a fração da chuva que fica retida temporariamente pelas copas juntamente com aquela que atinge diretamente os troncos e que posteriormente escoam pelo tronco das árvores (OLIVEIRA JUNIOR e DIAS, 2005).

O escoamento pelo tronco tem importância no processo de ciclagem de nutrientes promovida pela água que escoam através da copa e tronco das árvores. Perez-Marin e Menezes (2008) afirmam que a água escoada pelos troncos possui alta concentração de macronutrientes, sendo 300% maior para nitrogênio e fósforo, e 600% maior para potássio, em comparação com a quantidade de nutrientes encontrados na precipitação em aberto, contribuindo, assim, para o desenvolvimento das espécies arbóreas e para a ciclagem de nutrientes.

Oliveira Junior e Dias (2005) observaram no trecho da Mata do Paraíso, um valor de 17,9 mm de escoamento pelo tronco, que representa 1,7% da precipitação em aberto e 2,2% da precipitação interna, e acentuaram que os percentuais, apesar de pequenos, devem ser considerados de grande importância, pois a quantidade e a baixa velocidade com que a água que chega ao solo, através do escoamento pelo tronco, facilita a infiltração.

Escoamento superficial

O escoamento superficial é o segmento do ciclo hidrológico que estuda o deslocamento das águas na superfície da Terra. Considera-se o movimento da água a partir da menor porção de chuva que, caindo em um solo saturado de umidade ou impermeável, escoam pela superfície, formando as enxurradas, córregos, ribeirões, rios e lagos ou reservatórios de acumulação (SOUZA PINTO et al., 2011).

O escoamento superficial tem origem, fundamentalmente, nas precipitações. Parte da água das chuvas é interceptada pela vegetação e outros obstáculos, de onde se evapora posteriormente. Do volume que atinge a superfície do solo, parte é retida nas

depressões do terreno, parte se infiltra e o restante escoar pela superfície logo que a intensidade de precipitação supere a capacidade de infiltração no solo e os espaços nas superfícies retentoras tenham sido preenchidos. No início do escoamento superficial forma-se uma película laminar que aumenta de espessura, à medida que a precipitação prossegue, até atingir um estado de equilíbrio. As trajetórias descritas pela água em seu movimento são determinadas, principalmente, pelas linhas de maior declive do terreno e são influenciadas pelos obstáculos existentes. Nesta fase temos o movimento das águas livres. À medida que as águas vão atingindo os pontos mais baixos do terreno, passam a escoar em canalículos que formam a microrrede de drenagem. Sob a ação da erosão, vai aumentando a dimensão desses canalículos e o escoamento se processa, cada vez mais, por caminhos preferenciais. Formam-se as torrentes, cuja duração está associada, praticamente, à precipitação; a partir delas, formam-se os cursos d'água propriamente ditos, com regime de escoamento dependendo da água superficial e da contribuição do lençol de água subterrâneo. São as chamadas águas sujeitas (SOUZA PINTO et al., 2011). Neste estudo sobre o escoamento superficial a abordagem se dará, exclusivamente, no escoamento da água sobre a superfície do solo, antes que ocorra sua concentração em cursos d'água.

Os estudos sobre o escoamento superficial em bacias hidrográficas assumem grande importância devido à necessidade de se conhecer técnicas de manejo que permitam o controle de processos erosivos.

A erosão do solo é considerada a principal causa da degradação das terras agrícolas, a qual consiste nos processos de desprendimento e arraste das partículas de solo causado pela ação da água e do vento. No Brasil, a erosão hídrica é a mais importante, sendo responsável pela maior parte das perdas de solo. O escoamento superficial transporta partículas de solo em suspensão, nutrientes, matéria orgânica, sementes e agrotóxicos, prejudicando a produção agropecuária e poluindo os recursos hídricos (BERTONI e LOMBARDI NETO, 1990 apud PRUSKI, 2001).

Pruski et al. (2011), afirmam que todos os fatores que influenciam a taxa de infiltração da água no solo interferem, também, no escoamento superficial resultante. Consideram, ainda, que inúmeros outros elementos atuam no escoamento superficial, destacando: a intensidade, a duração e a área abrangida pela precipitação; a cobertura vegetal e o tipo de solo, que além de seus efeitos sobre as condições de infiltração, exercem importante influência na água advinda da precipitação, já que, quanto maior a porcentagem de cobertura vegetal e rugosidade da superfície do solo, menor o

escoamento superficial; a evapotranspiração como importante fator de retirada da água do solo e a área e declividade da bacia.

A determinação do escoamento superficial pode ser feita por método direto, no qual são estabelecidas parcelas com áreas definidas, delimitadas fisicamente, com coletores de água na parte baixa ou por estimativa, através de métodos que se utilizam de modelos próprios com base em dados de precipitação.

Ferreira et al. (2007), utilizaram dados referentes a solos, relevo, vegetação, hidrografia e precipitação com objetivo de se obter o mapa de uso e ocupação do solo e estimar as características de escoamento superficial laminar e vazão máxima de escoamento superficial da bacia hidrográfica do córrego João Pedro localizada nos municípios de Linhares e Soretama, no Estado do Espírito Santo, concluindo que as técnicas de sensoriamento remoto, aliadas às técnicas de SIG se mostram eficientes para avaliações referentes a dados hidrológicos.

Machioro e Augustin (2007), com objetivo de conhecer o escoamento superficial em uma bacia hidrográfica, instalaram parcelas de 100 m² e 10 m² ao longo de uma vertente. A área de cada parcela foi delimitada com placas de alumínio de 33,3 cm de largura e 0,4 mm de espessura. As placas foram enterradas até uma profundidade de 10 cm para evitar a entrada de escoamento superficial vindo de outras partes da vertente. No limite inferior de cada parcela, foi inserida uma calha de alumínio galvanizado para receber e coletar a água escoada das parcelas. Por meio de mangueira ligada a um orifício na calha da parcela, a água escoada foi levada para galões receptores. O estudo teve por objetivo avaliar a influência da dimensão de parcelas experimentais nas medidas de escoamento superficial e erosão. Os autores concluíram que a dimensão das parcelas apresenta influência nos resultados obtidos de escoamento superficial.

Qualidade da água

Segundo Lima & Barbin (1975), ao interagir com a vegetação, a água da chuva pode sofrer alterações em várias de suas características qualitativas. Este efeito é particularmente importante em florestas, pois ocorre mudança tanto na composição química quanto em aspectos físicos da água da chuva que penetra através das copas das árvores. Os autores citam que este aspecto do ciclo da água se torna de grande importância em ecossistemas florestais, destacando referências de que certas espécies não são recomendadas para plantio no entorno de reservatórios devido à ocorrência de odores desagradáveis. A água proveniente de áreas plantadas com espécies do gênero

Pinus ou com carvalho apresentam maior cor, maior demanda de oxigênio, maior concentração de bicarbonatos, dureza e maior concentração de cloretos do que a água proveniente de áreas revestidas com vegetação herbácea natural. Por outro lado, afirmam que ao interagir com as copas das árvores, a água da chuva arrasta quantidades apreciáveis de nutrientes, fenômeno esse referido como lavagem, que desempenha papel significativo na ciclagem de nutrientes em ecossistemas florestais.

A água da precipitação interna e aquela escoada pelo tronco irão conter elementos químicos e particulados que promoverão variações quanto a pH, turbidez e condutividade elétrica, dependendo da cobertura vegetal presente no local. Oki (2002) afirma que a água da chuva, após entrar em contato com o dossel da floresta tem suas características físico-químicas alteradas pela lixiviação dos metabólitos dos tecidos das folhas, troncos e ramos. Assim, o estudo dos parâmetros de qualidade da água na cultura da macaúba permitirá conhecer a contribuição e a alteração promovida por esta cultura nos referidos parâmetros.

pH da água

O pH é uma medida da intensidade do caráter ácido de uma solução, dado pela atividade do íon hidrogênio (H^+). A escala de pH, compreendida entre 0 e 14, indica se o meio é ácido, básico ou neutro, quando o pH for menor, maior ou igual a 7, respectivamente. O pH é uma propriedade expressa unidimensionalmente, ou seja, sem unidade (PINTO, 2007).

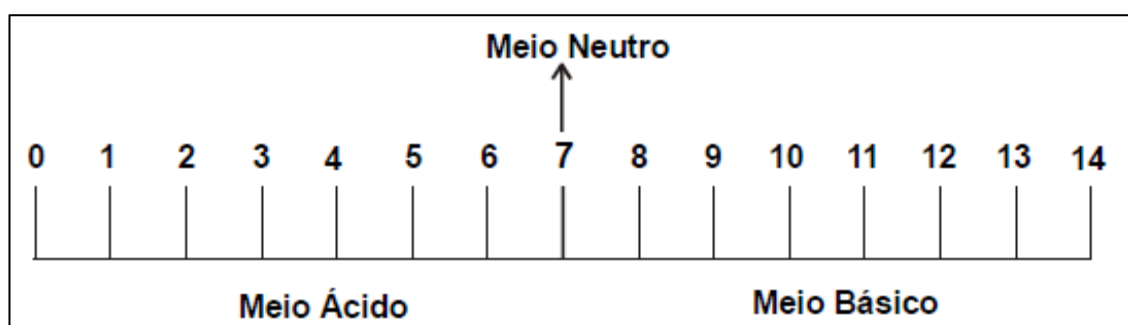


Figura 1 – Escala de pH

A medição de pH da água pode ser feita por indicadores ácido-bases, indicadores universais e eletrométrico, entretanto o método eletrométrico é considerado o mais preciso. Esse método consiste na medição da diferença de potencial resultante da diferença de concentração de íons H^+ entre a solução interna do eletrodo e a amostra,

sendo convertido para a escala de pH. O método eletrométrico utiliza um aparelho chamado peagâmetro (ou medidor de pH) constituído basicamente de um potenciômetro e um eletrodo de hidrogênio ou, mais comumente, eletrodo de pH (PINTO, 2007).

Souza et al. (2007), analisando a qualidade da água das precipitações em aberto e efetiva em um fragmento secundário da Mata Atlântica, no município de Viçosa, MG, afirmam que a água escoada pelo tronco se encontra em uma faixa de pH um pouco mais ácida, por influência da lixiviação de compostos com características ácidas pelo fuste das espécies florestais. Observam, também, que durante o período de estiagem o pH da água da precipitação em aberto diminui sensivelmente, enquanto o pH da precipitação interna se eleva, provavelmente pela quantidade de concentrados que permitem o aumento do pH. Concluem que a cobertura florestal influenciou os valores dos parâmetros físicos da água de chuva, principalmente das chuvas que ocorreram logo após um período de estiagem.

Rodrigues e Miranda (1992), analisando a variação do pH na chuva incidente e na precipitação interna em um agrossistema de cacau no Sul da Bahia, observaram pequena diminuição nos valores para precipitação interna, destacando o efeito da sazonalidade na variação do pH para precipitação em aberto e para precipitação interna.

Turbidez da água

Raposo (2009), afirma que um dos principais parâmetros de qualidade da água capaz de demonstrar alterações na dinâmica hidrossedimentar de uma bacia como consequência da erosão acelerada é a turbidez. Esta indica o nível de interferência que a luz sofre ao passar pela água e, dessa forma, expressa a quantidade de material em suspensão, podendo ser usada como uma medida direta dessa quantidade. Nesse sentido, a turbidez é muito útil em análises ambientais em bacias hidrográficas, uma vez que é possível associar o uso e cobertura do solo a este parâmetro, a fim de se detectar danos nos cursos d'água relacionados a atividades humanas, por exemplo. O uso inadequado do solo altera os processos erosivos naturais ao interferir nas características que condicionam tais processos, como a topografia, cobertura vegetal, clima (microclima) e tipo de solo.

Segundo Lima & Barbin (1975), a turbidez é uma medida óptica das partículas em suspensão na água, ou seja, é uma medida da redução de transparência causada pela presença de materiais em suspensão, incluindo partículas orgânicas, inorgânicas e mesmo organismos vivos. Afirmam que para a água potável, o limite máximo de

turbidez permitido é 5. Estes pesquisadores, estudando o efeito de plantações de *Eucalyptus* e *Pinus* sobre a qualidade da água da chuva observaram que houve influência significativa na turbidez da água causada pelas duas espécies florestais, ou seja, tanto o *Eucalyptus* como o *Pinus* alterou significativamente a turbidez da água da chuva. No caso do povoamento de *Pinus*, apenas a água do escoamento pelo tronco apresentou maior turbidez do que a água da chuva, sendo que não houve diferença significativa entre a precipitação em aberto e a precipitação interna.

Condutividade elétrica

A condutividade é uma expressão numérica da capacidade de uma água conduzir a corrente elétrica. Depende das concentrações iônicas e da temperatura e indica a quantidade de sais existentes na coluna d'água. A condutividade também fornece uma boa indicação das modificações na composição de uma água, especialmente na sua concentração mineral, mas não fornece nenhuma indicação das quantidades relativas dos vários componentes. À medida que mais sólidos dissolvidos são adicionados, a condutividade da água aumenta. Altos valores podem indicar características corrosivas da água (CETESB, 2007).

O parâmetro condutividade elétrica não determina, especificamente, quais os íons que estão presentes em determinada amostra de água. Em águas cujos valores de pH se localizam nas faixas extremas ($\text{pH} > 9$ ou $\text{pH} < 5$), os valores de condutividade são devidos apenas às altas concentrações de poucos íons em solução, dentre os quais os mais frequentes são o H^+ e o OH^- (SILVA, GALVINCIO e ALMEIDA, 2010).

Casartelli (2006) estudou a composição da precipitação em aberto e da precipitação interna em florestamentos de plantas introduzidas na planície costeira do Rio Grande do Sul e observou que a precipitação interna apresentou uma grande variabilidade dos valores de condutividade elétrica (CE) ($28,3\text{-}64,4 \mu\text{S cm}^{-1}$), os quais foram cerca de até cinco vezes mais elevados do que na precipitação em aberto. O autor destaca que o acréscimo da CE^- na precipitação interna foi paralelo ao acréscimo da concentração das várias espécies iônicas, ocorrendo então correlações fortemente significativas entre esses parâmetros.

III. OBJETIVOS

Este estudo, conduzido em plantio experimental de macaúba, de 3,5 anos até a idade de 4,5 anos, teve por objetivo quantificar os processos hidrológicos e parâmetros de qualidade da água nessa cultura.

Especificamente procurou-se:

- Quantificar a distribuição da chuva nos processos de precipitação interna (PI), escoamento pelo tronco (ET) e interceptação (Ic);
- Caracterizar a influência do número de folhas no ET;
- Caracterizar o escoamento superficial (ES) da água da chuva sob diferentes formas de manejo;
- Verificar a influência da macaúba nos parâmetros de qualidade da água: turbidez, pH e condutividade elétrica.

IV. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARCOVA, F. C. S., CICCIO, V., ROCHA, P.A.B. Precipitação efetiva e interceptação das chuvas por floresta de mata atlântica em uma Microbacia experimental em Cunha-SP. Revista *Árvore*, Viçosa-MG, v.27, n.2, p.257-262, 2003.

BERTONI, J. & LOMBARDI NETO, F. Conservação do solo. 3.ed. São Paulo, Ícone, 1990. 355p.

BRASIL. Lei nº 11.097, de 13 de janeiro de 2005. Dispõe sobre a introdução do biodiesel na matriz energética brasileira. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, 14 de janeiro de 2005. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br>. Acesso em 26/03/2011.

CASARTELLI, M. R. O. Composição da precipitação bruta e da precipitação interna em florestamentos de plantas introduzidas na planície costeira do Rio Grande do Sul, Brasil. E sua utilização no monitoramento das precipitações atmosféricas. Porto Alegre, RS: UFRS, 2006. 217 p. Tese (Doutorado em Química) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2006.

CETESB. Variáveis de qualidade das águas. 2007. Disponível em: <<http://www.cetesb.org.br>>. Acesso em: 20 de abril de 2012.

DIAS, H. C. T. et al. Cultivo da macaúba: ganhos ambientais em áreas de pastagens. Informe Agropecuário. Belo Horizonte, v.32, n.265, p.52-60, 2011.

FRAGA, G. et al. Cultivo de macaúba em Sistemas Agrossilvipastoris. Informe Agropecuário. Belo Horizonte, v.32, n.265, p.72, 2011.

FERREIRA, D.S.; RIBEIRO, C.A.D.; CECÍLIO, R.A. et al. Estimativa do escoamento superficial na bacia do Córrego João Pedro através de técnicas de geoprocessamento. Anais I Seminário de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Paraíba do Sul: o Eucalipto e o Ciclo Hidrológico, Taubaté, Brasil, 07-09 novembro 2007, IPABHi, p.163-169, 2007.

GARCEZ, L. N.; ALVAREZ, G. A. Hidrologia. 2ª ed. São Paulo: Blucher, 1998. 291p.

LIMA, W. P., BARBIN, D. Efeito de plantações de Eucalyptus e Pinus sobre a qualidade da água de chuva. Piracicaba. IPEF, n. 11, p. 23-35, 1975.

LORENZI, G. M. A. C.; PIMENTEL, L. D.; RIBAS de PAULA, S.; NEGRELLE, R. R. B.; PAES, J. M. V. Prospecção da cadeia produtiva dos frutos da palmeira macaúba no estado de Minas Gerais. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v.32, n.265, p.7-14, nov/dez. 2011.

LORENZI, H.; SOUZA, H.M., J.T. de Medeiros Costa, L.S.C. de Cerqueira & E. Ferreira. Palmeiras Brasileiras e Exóticas Cultivadas. Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum. 2004. 432 p.

LORENZI, G. M. A. C. *Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd. Ex Mart. – Arecaceae: bases para o extrativismo sustentável. 2006. 156f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

MACHIORO, E.; AUGUSTIN, C. H. R. R. Dimensão de parcelas experimentais: influência nas medidas de escoamento superficial e erosão do solo em Gouveia/MG. *Revista Geografias*. Belo Horizonte, v.3, nº2, p.7-16, 2007.

MAHENDRAPPA, M. K. - Chemical composition of stemflow from some Eastern Canadian tree species. *Canadian journal of forest research*, Ontario, 4(1): 1- 7, 1974. In: *Forestry abstracts*, Oxford, 35(10): 5772, 1974.

MOTOIKE, S. Y.; NACIF, A. P.; PAES, J. M. V. Macaúba: história do nascimento de uma cultura. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, v. 32, n. 265, p. 6, nov./dez. 2011.

NEVES, V. B. N.; RODRIGUES, P. C. H.; VERSIANI, B. R. Aplicação de geoprocessamento no estudo de correlação entre a dinâmica da cobertura vegetal e a evapotranspiração. I Simpósio de Recursos Hídricos do Norte e Centro-Oeste, Cuiabá, 2007. Disponível em http://www.abrh.org.br/novo/i_simp_rec_hidric_norte_centro_oeste.php. Acesso em 24 de janeiro de 2011.

OKI, V. K. Impactos da colheita de *Pinus taeda* sobre o balanço hídrico, a qualidade da água e a ciclagem de nutrientes em microbacias. 2002. 85f. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiróz, Piracicaba, 2002.

OLIVEIRA JUNIOR, J. C.; DIAS, H. C. T. Precipitação efetiva em fragmento secundário da Mata Atlântica. *Revista Árvore Viçosa*, v. 29, n. 1, p. 9-15, 2005.

PEREZ-MARIN, A. M.; MENEZES, R. S. C. Ciclagem de nutrientes via precipitação pluvial total, interna e escoamento pelo tronco em sistema agroflorestal com *Gliricídia sepium*. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v.32, p.2573-2579, 2008.

PIMENTEL, L. D. et al. Coeficientes técnicos e custos de produção do cultivo da macaúba. *Informe Agropecuário*. Belo Horizonte, v.32, n.265, p.61-69, 2011.

PINESE JÚNIOR, J. F.; CRUZ, L. M.; RODRIGUES, S. C. Monitoramento de erosão laminar em diversos usos da terra, Uberlândia – MG. *Sociedade & Natureza*, Uberlândia, 20(2): 157-175, 2008.

PINTO, M. C. F. *Manual Medição in loco: Temperatura, pH, Condutividade Elétrica e Oxigênio Dissolvido*. Belo Horizonte: CPRM-Serviço Geológico do Brasil, 2007, 44p.

PRUSKI, F. F.; GRIEBELER, N. P.; SILVA, D. D. Comparação entre dois métodos para determinação do escoamento superficial. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. Viçosa, v.25, n.02, p. 403-410, 2001.

PRUSKI, F.F.; BRANDÃO, V. S.; SILVA, D. D. *Escoamento superficial*. 2ª Ed., Viçosa. MG. Editora UFV. 2011. 87p.

RAPOSO, A. A.; BARROS, L. F. P.; MAGALHÃES JÚNIOR, A. P. O parâmetro de turbidez das águas como indicador de impactos ambientais humanos na dinâmica fluvial da Bacia do Rio Maracujá – Quadrilátero Ferrífero/MG. 2009. Disponível em

http://www.geo.ufv.br/simposio/simposio/trabalhos/trabalhos_completos/eixo3/007.pdf. Acesso em: 21 de abril de 2012.

RODRIGUES, A. C. E., MIRANDA, R. A. C. Variação do pH e do conteúdo de nutrientes na chuva incidente e na precipitação interna num agrossistema de cacau da Bahia. Brasília, Embrapa, 27(5): 771-776, maio de 1992.

SILVA, D. F.; GALVÍNCIO, J. D.; ALMEIDA, H. R. R. C. Variabilidade da qualidade da água na Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco e atividades antrópicas relacionadas. Qualitas Revista Eletrônica, ISSN 1677 4280, v. 9, n.3, 2010.

SOUZA PINTO, N. L.; HOLTZ, A. C. T.; MARTINS, J. A.; GOMIDE, F. L. S.; Hidrologia Básica. 13ª Ed., São Paulo. Editora Edgard Blucher Ltda. 2011. 278p.

SOUZA, V. V. et al . Análise da qualidade das águas das precipitações em aberto e efetiva em um fragmento secundário da Mata Atlântica, no município de Viçosa, MG. Rev. Árvore, Viçosa, v. 31, n. 4, ago. 2007. Disponível em <<http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci> >. Acesso em 03 de abril de 2013.

TUCCI, C.E.M. Hidrologia: ciência e aplicação. 3ª Ed., Porto Alegre. Rio Grande do Sul (RS). Editora Universidade. 2004. 943p.

CAPÍTULO 1

PRECIPITAÇÃO EFETIVA E INTERCEPTAÇÃO DA CHUVA EM PLANTIO DE MACAÚBA NO MUNICÍPIO DE ARAPONGA – MG

1. INTRODUÇÃO

Com o desenvolvimento das pesquisas em Hidrologia Florestal a ciência vai, gradativamente, adquirindo conhecimento sobre a importante influência da cobertura vegetal, tanto na captação de água em uma bacia hidrográfica, como na proteção do solo contra a erosão hídrica.

Segundo Arcova, Cicco & Rocha (2003), a cobertura florestal possui estreita relação com o ciclo hidrológico em uma bacia hidrográfica, interferindo no movimento da água em vários compartimentos do sistema.

A influência da vegetação no recebimento e redistribuição das chuvas é significativa dentro do contexto do balanço hídrico de um determinado local. Em alguns casos, se confunde a quantidade de água precipitada acima do dossel, com a água realmente disponível para o solo. A falta de informação de interceptação da precipitação pela vegetação pode induzir a erros nas medidas reais das quantidades de água que contribuirão para a reposição da umidade disponível no solo, comprometendo o cálculo do balanço hídrico. Isso se deve ao fato de que parte da precipitação em contato com a vegetação se acumula nas folhas e ramos e é devolvida à atmosfera por evaporação (perdas por interceptação). Outra parte da água escoará pelos troncos e gotejará das folhas atingindo o solo, que somada com a parte da chuva que atravessou diretamente o dossel, formará a precipitação efetiva que realmente contribui para a recarga hídrica do solo (OLIVEIRA et al., 2008).

A perda por interceptação da chuva pela vegetação é geralmente obtida pela diferença entre a precipitação total, denominada precipitação em aberto, e a precipitação efetiva representada pela soma da precipitação interna e o escoamento pelo tronco.

Kozlowski (1983), afirma que a perda de chuva por interceptação das copas varia em função de vários fatores, entre os quais a capacidade de retenção de água pelas copas das árvores, a intensidade e duração das chuvas, e condições ambientais. Portanto, os diversos tipos de cobertura vegetal apresentarão diferentes capacidades de retenção

de água, devido à variação na altura das plantas, diâmetro e densidade da copa e formato da copa das árvores.

Oliveira et al. (2008), quantificaram a precipitação total incidente acima do dossel, a precipitação interna, a precipitação efetiva, o escoamento pelo tronco e a interceptação da precipitação pela floresta nativa no Estado do Pará, no período de março a dezembro de 2004. O estudo revelou uma precipitação efetiva de 905,4 mm, precipitação interna de 885,4 mm, escoamento pelo tronco de 20 mm e interceptação de 248 mm, correspondendo, respectivamente, a 78,5%, 76,8%, 1,7% e 21,5% da precipitação acima do dossel, que foi de 1.153,4 mm, no período de estudo. Estes valores se situam nas faixas consideradas normais por Castro et al., (1983) de 75% a 96% da precipitação total para precipitação interna, 1% a 2% para escoamento pelo tronco e de 4,5% a 24% para interceptação, em florestas tropicais.

Rodrigues (2009) desenvolveu pesquisa em um povoamento de seringueira, clone RRIM 600, com 15 anos de idade, município de José Bonifácio, SP. Para uma precipitação em aberto média anual de 1.514,5 mm, obteve precipitação interna de 1.065,7 mm e o escoamento pelo tronco de 107,7 mm. A interceptação das chuvas pelas copas e a precipitação efetiva resultaram em 341,1 e 1.173,4 mm, respectivamente; correspondendo a 22,5% e 77,5% do total da precipitação no seringal. Neste estudo o autor concluiu que a proporção de água que chega ao solo através do escoamento pelo tronco na seringueira foi maior em relação aos valores obtidos em estudos de redistribuição da água da chuva realizados na região Sudeste do Brasil. Afirmou que a maior proporção de água escoada pelo tronco se deve ao dossel simples, à grande área disponível por árvore, à arquitetura da variedade plantada e à morfologia lisa da casca.

Conhecer o percentual da precipitação total que é interceptado pela vegetação, a precipitação interna, o escoamento pelo tronco e o escoamento superficial em uma determinada cultura agrícola, permite planejar e implementar ações com vistas à conservação de solo e água e ao desenvolvimento de atividades com base sustentável.

Este trabalho teve por objetivo quantificar a precipitação em aberto e efetiva em povoamento homogêneo de macaúba (*Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd. Ex Martius), durante o período de setembro de 2012 a agosto de 2013 (12 meses), bem como a redistribuição da água no sistema entre os seguintes componentes: escoamento pelo tronco e interceptação pela copa das plantas.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Área de estudo

Os dados desta pesquisa foram coletados na Fazenda Experimental da Universidade Federal de Viçosa (UFV), localizada no município de Araponga, MG (Figura 1).

A Fazenda Experimental situa-se entre as coordenadas 20° 40'S e 42° 31' O, com altitude de 885 metros. Segundo Costa e Silva (2008), baseado no modelo proposto por Koppen, o clima da região é classificado como Cwb, caracterizado como subtropical/tropical de altitude, com inverno seco e verão quente, temperatura variando, durante o ano, entre 3° e 28° e com solo classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico. As médias anuais de precipitação variam entre 1.300 e 1.500 mm.

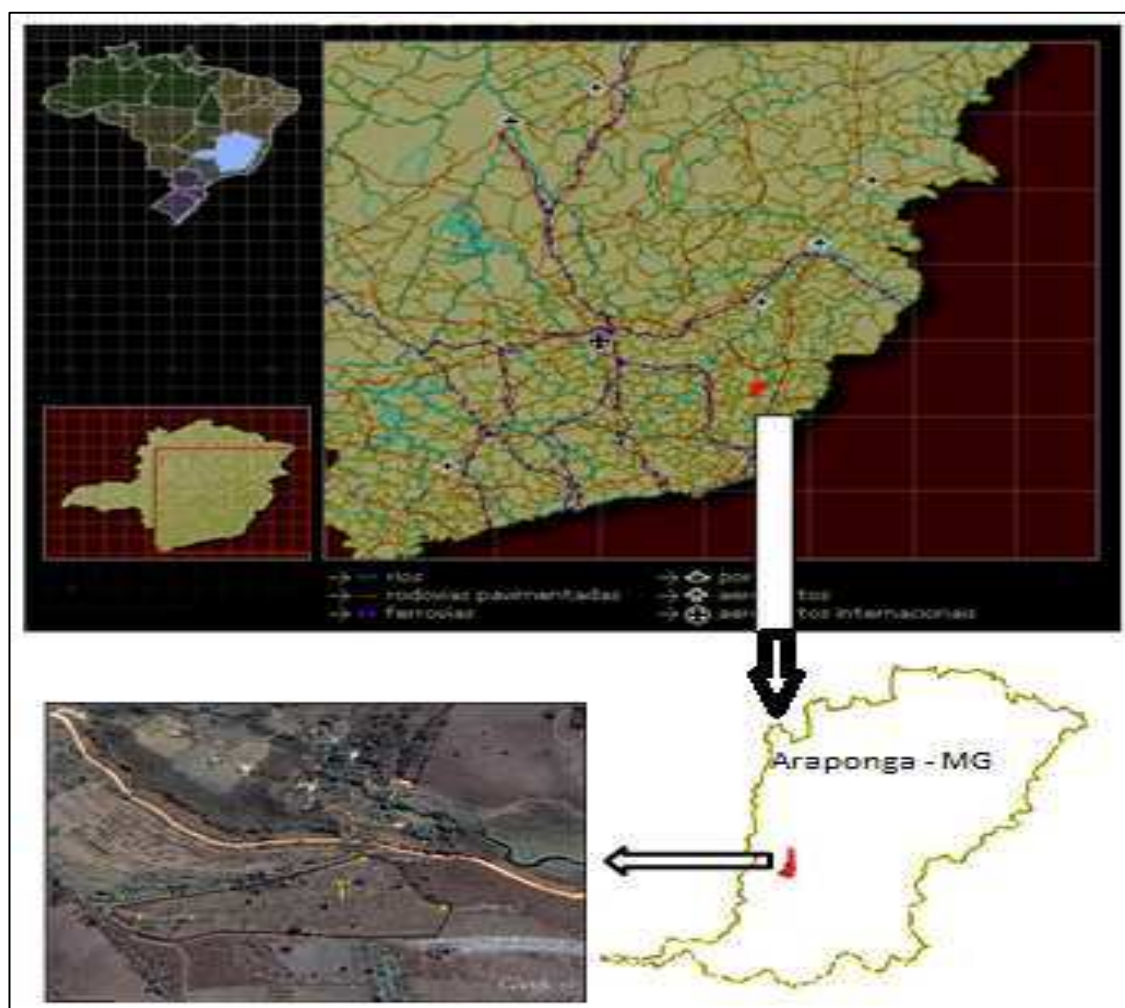


Figura 1: Localização da Fazenda Experimental da UFV, município de Araponga, MG.
Fonte: Adaptado de IBGE (2007) e Google Earth – Foto de 2011.

2.2. Metodologia

A Figura 2 apresenta detalhes da localização dos pluviômetros na área de plantio das macaúbas na Fazenda Experimental da UFV em Araponga, Minas Gerais.



Figura 2: Área plantada com macaúba e pluviômetros instalados.

Fonte: Adaptado de Google Earth – Foto de 2011

As mudas foram plantadas com 1 (um) ano de idade, em fevereiro de 2009, no espaçamento de 5X5, em área de 1,7 ha (680 plantas). Nesta área, no período de setembro de 2012 a agosto de 2013 foi realizado o monitoramento dos processos hidrológicos para atender aos objetivos deste trabalho.

2.2.1 Precipitação em aberto e interna

A precipitação de chuva foi monitorada por meio de pluviômetros confeccionados com canos de PVC, tendo abertura com diâmetro de 14,4 cm e, conseqüentemente, uma área de exposição e coleta de 162,86 cm², sendo fixados de modo que a área de coleta ficasse a 1,50 metros do solo.

Para o monitoramento da precipitação em aberto, foram colocados três (3) pluviômetros, posicionados no entorno da área plantada, representados na Figura 2 por pluviômetros 1, 2 e 3. Para o monitoramento da precipitação interna foram colocados seis (6) pluviômetros, sendo três (3) nas entrelinhas e três (3) nas linhas de plantio, representados na Figura 2 pelos pontos amarelos no centro da área plantada e apresentados em detalhe na Figura 3.



Figura 3: Vista interna do plantio de macaúba e dos pluviômetros para medição da precipitação interna.

As leituras foram realizadas, diariamente, às 7 (sete) horas e 30 (trinta) minutos, os dados digitalizados para posterior tabulação e análise, permitindo, assim, resumos diários, mensais e anuais das chuvas.

Tanto para a precipitação em aberto, quanto para a precipitação interna, o volume precipitado foi quantificado em mililitros para cada um dos eventos chuvosos e transformado em milímetros de chuva pela equação: $P \text{ (mm)} = V \text{ (l)} / A \text{ (m}^2\text{)}$, sendo: P = precipitação em mm; V = Volume em litros e A = área do pluviômetro em m^2 .

2.2.2 Escoamento pelo tronco

Para o monitoramento do escoamento da água da chuva pelo tronco das plantas de macaúba, foram instalados coletores em nove plantas localizadas na bordadura do plantio. Antes da instalação dos coletores procedeu-se a retirada dos espinhos existentes nos caules das plantas. Os coletores foram produzidos com pneus usados de motocicleta. Para isso, eles foram cortados ao meio, retirada toda a borracha em um dos lados, por toda sua extensão e fixados ao caule em forma de espiral. Para eliminação de gretas entre o caule e o coletor foi utilizado silicone gel e espuma de poliuretano. Cada coletor foi ligado a dois galões de 25 (vinte e cinco) litros, através de mangueira flexível de 2 (duas) polegadas (Figura 4).

O volume de água escoado pelo tronco foi obtido em litros (l), sendo convertido para milímetros de coluna d'água (mm). Para isso foi necessário estabelecer a área de coleta, considerada, neste estudo, como a projeção da copa da planta, estabelecendo o

limite da folha no ponto, a partir do qual, a água se desloca no sentido do caule. Obtidos volume em litros (l) e área de coleta em metros quadrados (m²), calcula-se o valor em milímetros (mm) pela equação: $P (mm) = \frac{V(l)}{A(m^2)}$ sendo: P = precipitação em milímetros (mm); V = volume em litros (l); A = área de coleta em metros quadrados (m²).



Figura 4: Coletor de água de escoamento sendo montado (A), Coletor com mangueira e galões (B).

2.2.3. Precipitação efetiva (PE)

A precipitação efetiva foi obtida pela soma da precipitação interna e do escoamento pelo tronco, de acordo com a equação: $PE = PI + Et$, sendo: PE a precipitação efetiva (mm), PI a precipitação interna (mm) e Et o escoamento pelo tronco (mm).

2.2.4 Perdas por interceptação (Ic)

As perdas por interceptação foram obtidas pela diferença entre a precipitação em aberto e a precipitação efetiva, conforme equação: $Ic = PA - PE$ sendo, (Ic) as perdas por interceptação (mm), (PA) a precipitação em aberto (mm) e (PE) a precipitação efetiva (mm).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados foram coletadas em 94 eventos de chuva, no período de setembro de 2012 a agosto de 2013. Os eventos de chuva variaram de um valor mínimo de 2,83 mm a um máximo de 55,65 mm. A precipitação em aberto totalizou 1.339,95 mm, sendo representativo da precipitação anual local, que varia de 1.300 a 1.500 mm, destacando-se os meses de novembro/2012, agosto/2013 e julho/2013 como: maior volume precipitado, menor volume precipitado e sem ocorrência de chuvas, respectivamente (Tabela 1).

Observou-se uma maior concentração de chuvas nos meses de novembro/2012, janeiro/2013 e março/2013, com um total precipitado, nesses três meses, de 833,12 mm, equivalente a 62% da precipitação em aberto ocorrida no período de 12 meses.

Rizzini (1997), afirma que abaixo de 60 mm de chuva, um mês é considerado seco, contudo, se for precedido de um mês que recebeu 100 mm ou mais, deverá ser contado como mês úmido, em virtude do efeito residual da armazenagem edáfica, cujo excesso de água irá compensar a deficiência hídrica do mês subsequente. Neste raciocínio, pode se considerar como secos os meses de setembro/2012, junho/2013, julho/2013 e agosto/2013 (Tabela 1).

Tabela 1: Valores mensais e anuais de precipitação em aberto (PA), precipitação interna (PI), escoamento pelo tronco (Et), precipitação efetiva (PE) e perda por interceptação (Ic), município de Araponga, MG. Setembro de 2012 a agosto de 2013.

Mês	PA	PI	Et	PE	Ic	PI	Et	PE	Ic
	(mm)					% em relação a PA			
Set	13,39	12,46	0,55	13,01	0,38	93,05	4,11	97,16	2,84
Out	91,28	81,56	4,94	86,50	4,78	89,35	5,41	94,76	5,24
Nov	301,12	276,14	11,97	288,11	13,01	91,70	3,98	95,68	4,32
Dez	133,92	117,17	5,96	123,13	10,79	87,49	4,45	91,94	8,06
Jan	246,22	220,34	11,76	232,10	14,12	89,49	4,78	94,27	5,73
Fev	108,46	98,68	5,27	103,95	4,51	90,98	4,86	95,84	4,16
Mar	285,78	258,04	13,47	271,51	14,27	90,29	4,71	95,01	4,99
Abr	74,51	67,17	3,35	70,52	3,99	90,15	4,50	94,65	5,35
Mai	72,25	64,91	3,31	68,22	4,03	89,84	4,58	94,42	5,58
Jun	9,81	7,73	0,27	8,00	1,81	78,80	2,75	81,55	18,45
Jul	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ago	3,21	2,83	0,082	2,91	0,29	88,16	2,55	90,72	9,28
Total Média	1339,95	1207,03	60,93	1267,96	71,99	90,08	4,55	94,63	5,37

A maior frequência de eventos de chuva se deu com precipitação menor que 15 mm, correspondendo a 65,5% do total, com destaque para a ocorrência de 30 eventos entre 5 e 10 mm, equivalente a 34,5% do total. Registrou-se no período somente 5 chuvas com precipitação maior que 40 mm, tendo média de 48,73 mm (Tabela 2).

Tabela 2: Valores médios de precipitação em aberto (PA), precipitação efetiva (PE), precipitação interna (PI), escoamento pelo tronco (Et) e perdas por interceptação (Ic) em função da classe de precipitação, município de Araponga, MG. Setembro de 2012 a agosto de 2013.

Frequência	Classe de PA	PA	PI	Et	PE	Ic	PI	Et	PE	Ic
	(mm)						% de PA			
14	< 5,0	3,85	3,40	0,07	3,47	0,38	88,16	1,80	89,95	10,05
30	5,0 - 10,0	7,13	6,34	0,24	6,58	0,55	89,09	3,29	92,36	7,64
13	10,0 - 15,0	12,46	11,17	0,50	11,67	0,80	89,77	3,98	93,75	6,25
11	15,0 - 20,0	17,66	15,76	0,88	16,64	1,02	89,10	4,98	94,07	5,92
7	20,0 - 30,0	24,97	22,38	1,41	23,79	1,18	89,63	5,65	95,28	4,71
7	30,0 - 40,0	35,38	32,15	1,98	34,13	1,25	90,85	5,59	96,44	3,56
5	> 40,0	48,73	44,90	2,29	47,15	1,58	92,07	4,72	96,71	3,29

3.1. Precipitação interna (PI)

A precipitação interna na área de plantio de macaúba contribuiu com a maior parte da água de chuva que atingiu o solo, em torno de 1.207 mm, correspondendo, em média, a 90% da precipitação em aberto (Tabela 1). Oliveira Junior e Dias (2005), em estudo realizado em fragmento secundário de Mata Atlântica, no município de Viçosa, MG, verificaram que a precipitação interna correspondeu a 80% da precipitação em aberto. Lorenzon (2011), em estudo no mesmo local, monitorou a precipitação interna em uma área em estágio inicial e em outra em estágio avançado de regeneração, obtendo valores de 84% e 73% da precipitação em aberto, respectivamente. O maior valor de precipitação interna no plantio homogêneo de macaúba se deve às características da parte aérea, que como as demais espécies da família Arecaceae promove uma cobertura do solo, apenas parcial. Também, importante considerar que o plantio foi realizado em espaçamento 5 m x 5 m e as plantas ainda não atingiram seu tamanho máximo.

À medida que aumenta o volume de precipitação em aberto (PA), segundo a classe de PA (Tabela 2), o percentual de precipitação interna também aumenta, já que é necessário um evento de chuva mais duradouro para promover o encharcamento da

parte aérea da planta e que possa transpor a copa. Observa-se, portanto, o menor percentual de precipitação interna naqueles eventos de precipitação em aberto abaixo de 5 mm (88,16%) e, maior percentual de precipitação interna quando a precipitação em aberto é maior que 40 mm (Tabela 2).

Verificou-se que existe forte correlação linear positiva entre a precipitação interna e a precipitação em aberto (Figura 5). O valor de R^2 igual a 0,99 indica que 99% da precipitação interna pode ser explicado pela precipitação em aberto. Pode-se estimar utilizando a equação de regressão $PI = 0,9184PA - 0,2472$, que a precipitação interna irá ocorrer a partir de eventos acima de 0,27 mm de precipitação em aberto, valor relativamente baixo, a indicar que dificilmente ocorrerá uma chuva sem que ocorra a precipitação interna.

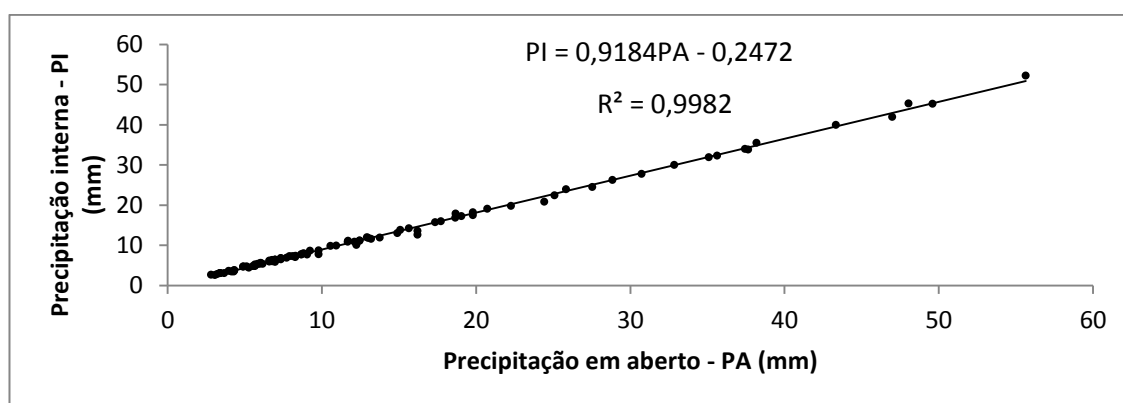


Figura 5: Valores de precipitação interna (PI, mm), em função da precipitação em aberto (PA, mm), em plantio de macaúba, Araponga, MG. Set/12 a ago/13.

3.2. Escoamento pelo tronco (Et)

O volume de água escoado pelo tronco, apesar de pequeno em relação à precipitação em aberto, assume grande importância no processo de redistribuição das águas das chuvas, por chegar ao solo lentamente, sem maiores impactos, facilitando a infiltração no solo e contribuindo, portanto, com a recarga do lençol freático.

O escoamento pelo tronco obtido no plantio de macaúba foi de 60,93 mm para um volume de precipitação em aberto de 1.339,95, equivalente a 4,55% do total precipitado no período de estudo (Tabela 1). Arcova, Cicco e Rocha (2003), em estudo realizado em região de Mata Atlântica secundária, no Estado de São Paulo, onde o processo de regeneração ocorre há mais de 45 anos, obteve escoamento pelo tronco em torno de 0,2% da precipitação em aberto. Oliveira Junior e Dias (2005), também em área de Mata Atlântica secundária no município de Viçosa, Minas Gerais, obteve

volume de escoamento pelo tronco equivalente a 1,7% da precipitação em aberto. Oliveira et al. (2008) em região de floresta densa (500 árvores/ha) e dossel com altura média de 35 m, na Floresta Amazônica, obtiveram escoamento pelo tronco equivalente a 1,7% da precipitação em aberto. Portanto, o valor de escoamento pelo tronco, 4,55%, obtido no plantio de macaúba com apenas 4,5 anos de idade pode ser considerado elevado quando comparado com os valores obtidos por esses autores. Este resultado pode ser explicado por Dias et al. (2011), quando afirma que as características morfológicas da macaúba favorecem a captação de água de forma eficiente, por possuir a copa em forma de funil, com folíolos funcionando como pequenas calhas, capazes de direcionar a água da chuva interceptada para a região central da folha e dirigi-la para o estipe.

Os dados de precipitação em aberto e escoamento pelo tronco, submetidos à análise de regressão linear, apresentaram forte correlação linear positiva, com valor de R^2 igual a 0,91, indicando que 91% dos valores obtidos de escoamento pelo tronco podem ser explicados pela precipitação em aberto (Figura 6).

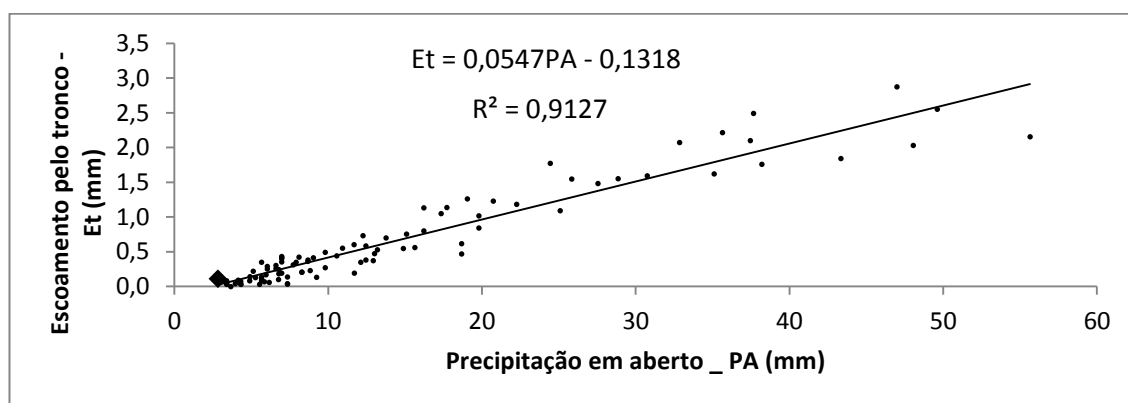


Figura 6: Valores de Escoamento pelo tronco (Et, mm), em função da precipitação em aberto (PA, mm), em plantio de macaúba, Araçuaia, MG. Set/12 a ago/13.

Através da equação $Et = 0,0547PA - 0,1318$ (Figura 6), pode-se estimar que o escoamento pelo tronco irá ocorrer a partir de um volume de precipitação em aberto maior que 2,41 mm. Este valor é quase quatro vezes menor que o obtido por Oliveira Junior & Dias (2005), em Mata Atlântica, onde o escoamento pelo tronco irá ocorrer somente após precipitação em aberto superior a 11,3 mm.

3.3. Precipitação efetiva (PE)

A precipitação efetiva na área de plantio da macaúba foi de 1.267,96 mm, equivalente a 94,63% da precipitação em aberto, tendo a precipitação interna contribuído com 90,08% e o escoamento pelo tronco com 4,55% (Tabela 1).

Oliveira Junior e Dias (2005), em região de Mata Atlântica secundária no município de Viçosa, Minas Gerais, encontraram valor de precipitação efetiva correspondente a 81,7% da precipitação em aberto, resultado próximo daquele obtido por Oliveira et al. (2008) em área de Floresta Amazônica, correspondente a 78,5% da precipitação em aberto. O maior valor de precipitação efetiva obtido no plantio de macaúba pode ser entendido devido à menor cobertura promovida por esse plantio, plantas ainda jovens, promovendo menor interceptação da água da chuva.

Menores percentuais de precipitação efetiva em relação à precipitação em aberto ocorreram nos meses de junho e agosto de 2013, devido a menores volumes de precipitação interna e escoamento pelo tronco (Tabela 1). Esses resultados podem ser explicados por se tratarem de meses secos, com ocorrência de apenas um evento de chuva em cada um deles e, estando a planta com baixa umidade, permitiu uma maior retenção pela parte aérea, de grande parte da água de chuva interceptada.

O mês de setembro de 2012 apresentou maior percentual de precipitação efetiva, 97,16% da precipitação em aberto (Tabela 1), o que não era esperado, por se tratar de um mês de baixa pluviosidade e ser precedido por um mês seco. No entanto, outros fatores como a presença ou ausência de ventos durante a chuva exercem forte influencia, principalmente, na precipitação interna e, conseqüentemente, na efetiva.

Observando os valores de precipitação efetiva por classe de precipitação em aberto (Tabela 2), verifica-se aumento proporcional ao aumento do volume de chuva. Assim, tem-se menor valor de precipitação efetiva para aqueles eventos de chuva menores que 5 mm e maior valor para aqueles acima de 40 mm. Isso se explica que uma chuva mais duradoura promove maior encharcamento da parte aérea da planta, permitindo maiores precipitação interna e escoamento pelo tronco.

Como consequência das fortes correlações entre a precipitação interna e escoamento pelo tronco com a precipitação em aberto, observa-se o mesmo entre a precipitação efetiva e a precipitação em aberto.

O coeficiente de determinação (R^2) igual a 0,98 determina que 98% dos valores de precipitação efetiva obtidos são explicados pela precipitação em aberto. Através da equação de regressão (Figura 7), pode-se estimar que a precipitação efetiva, ou seja,

ocorrência simultânea de precipitação interna e escoamento pelo tronco ocorrerá a partir de um volume de precipitação em aberto maior que 0,39 mm.

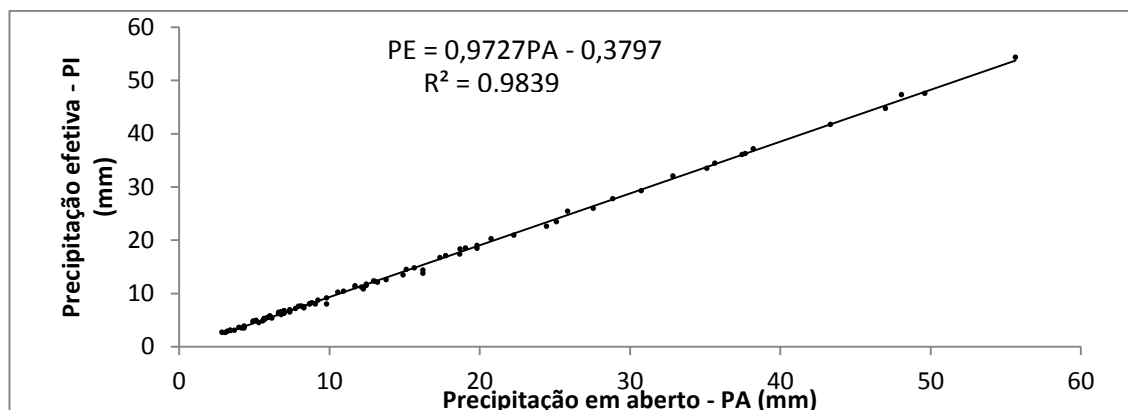


Figura 7: Valores de precipitação efetiva (PE, mm), em função da precipitação em aberto (PA, mm), em plantio de macaúba, Araponga, MG. Set/12 a ago/13.

3.4. Perdas por interceptação (Ic)

Lima (1976), afirma que o processo de interceptação da chuva é um componente importante do ciclo hidrológico em um ecossistema florestal, já que, a interceptação pela cobertura florestal causa uma diminuição no total de chuva que atinge o solo, podendo, conforme o tipo de floresta, causar uma redução de até 25% no volume da precipitação anual que atinge o solo.

No plantio de macaúba a média anual de perdas por interceptação foi de 5,37% da precipitação em aberto (Tabela 1). Este valor corresponde à metade daquele observado por Lima (1976), em povoamento de *Eucalyptus saligna* com idade de 6 anos, onde obteve perdas por interceptação em torno de 12% da precipitação em aberto anual. No mesmo estudo o autor obteve em plantio de *Pinus caribaea*, também com 6 anos de idade, perdas por interceptação em torno de 6,6% da precipitação em aberto anual, valor próximo ao observado no plantio de macaúba.

Valores maiores de perdas por interceptação foram observados por Oliveira Junior e Dias (2005), em região de Mata Atlântica secundária no município de Viçosa, Minas Gerais, correspondendo a 18,3% da precipitação em aberto, bem como, Arcova, Cicco e Rocha (2003), em estudo realizado em região de Mata Atlântica secundária, no Estado de São Paulo, onde o processo de regeneração ocorre há mais de 45 anos, obtendo interceptação de 18,6% da precipitação em aberto. Valores ainda maiores foram obtidos por Oliveira et al. (2008) em região de floresta densa (500 árvores/ha) e dossel com altura média de 35 m, na Região Amazônica, onde as perdas por

interceptação corresponderam a 24,9% da precipitação em aberto. Estes valores, obtidos em floresta nativa, refletem, por um lado, uma aparente desvantagem pela menor quantidade de água que chega ao solo e, por outro, uma vantagem pela maior proteção do solo contra processos erosivos.

Os meses de junho e agosto de 2013 se destacaram por apresentarem maiores perdas por interceptação, 18,45 mm e 9,28 mm, respectivamente (Tabela 1). Esses valores se justificam por serem meses considerados secos, com apenas um pequeno evento de chuva, encontrando a parte aérea da planta com maior capacidade de retenção de água.

As perdas por interceptação com base nas diferentes classes de precipitação em aberto (Tabela 2) refletem uma diminuição do percentual interceptado à medida que se aumenta o volume do evento de chuva. Assim, o maior percentual de perda por interceptação se dá em eventos de chuva menores que 5 mm (10,05%) e o menor percentual de perda em eventos maiores que 40 mm (3,29%). Relevante considerar que a planta tem uma capacidade limitada de retenção de água da chuva, e que após o encharcamento da parte aérea, havendo continuidade da chuva, a retenção será mínima.

A correlação linear positiva entre a perda por interceptação e a precipitação em aberto pode ser considerada de média a boa, com coeficiente de correlação (R) igual a 0,647. O coeficiente de determinação R^2 igual a 0,4186 indica que 41,86% dos valores de interceptação podem ser explicados pela precipitação em aberto (Figura 8). Os demais valores de perdas por interceptação são explicados, segundo Blacke (1975) por outros fatores de influência como: características da precipitação (intensidade e volume), condições climáticas, ocorrência de precipitações anteriores, tipo e densidade da vegetação e período do ano.

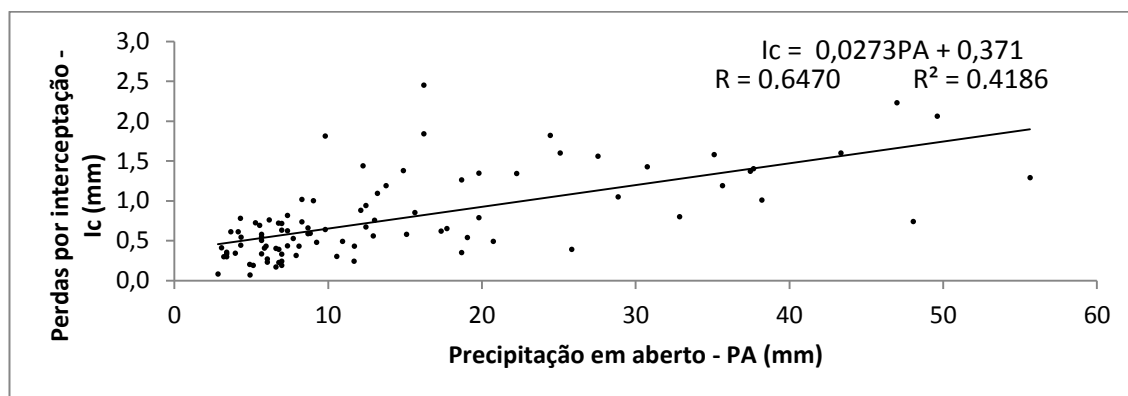


Figura 8: Valores de perdas por interceptação (Ic, mm), em função da precipitação em aberto (PA, mm), em plantio de macaúba, Araçuaia, MG. Set/12 a ago/13.

4. CONCLUSÕES

A cultura da macaúba proporciona baixas perdas de água por interceptação, portanto, favorece a redistribuição das águas da chuva, destacando-se por apresentar um volume relativamente elevado de escoamento pelo tronco em plantas ainda jovens. Essas informações permitem inferir que a macaúba apresenta grande potencial como importante componente na construção de agroecossistemas ecologicamente sustentáveis.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARCOVA, F. C. S.; CICCIO, V.; ROCHA, P. A. B. Precipitação efetiva e interceptação das chuvas por floresta de Mata Atlântica em uma microbacia experimental em cunha – São Paulo. *Revista Árvore*, Viçosa, MG, v. 27, n. 2, p. 257-262, 2003.

DIAS, H. C. T.; SATO, A. Y.; OLIVEIRA NETO, S. N.; MORAIS, T. de C.; FREIRE, A.; BENTO, P. S. Cultivo de Macaúba: Ganhos ambientais em áreas de pastagens. *Informe Agropecuário (Belo Horizonte)*, v. 32, p. 52-60, 2011.

BLAKE, G.J. The interception process. In: *Prediction in catchment hydrology*. Australian Academy of Science. 1975.

COSTA E SILVA, J. O. Capacidade combinatória e seleção de pessegueiro para baixa necessidade de frio hiberna. Viçosa, MG: UFV, 2008. 108 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 2008.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Cidades. Disponível em: <http://ibge.gov.br/cidadesat/xtras/temas.php?minas-gerais|municipio-2007>. Acesso em: 03/11/2013.

KOZLOWSKI, T. T. Water deficits and plant growth. New York: Academic Press, 1983. v. 7, Additional woody crop plants, 251 p.

LIMA, W. P. Interceptação da chuva em povoamentos de eucalipto e de pinheiro, IPEF, Piracicaba, n. 13, p. 75-90, 1976.

MOREIRA, G. F. Classificação automatizada do uso e cobertura do solo utilizando imagens Landsat no município de Araponga – MG. Viçosa, MG: UFV, 2009. 85 p. Dissertação (Mestrado em Solos e nutrição de plantas) – Universidade Federal de Viçosa.

OLIVEIRA JUNIOR, J. C.; DIAS, H. C. T. Precipitação efetiva em fragmento secundário de mata atlântica. *Revista Árvore*, Viçosa, v. 29, n. 1, p. 9-15, 2005.

OLIVEIRA, L. L.; COSTA, R. F.; SOUZA, F. A. S.; COSTA, A. C. L.; BRAGA, A. P. Precipitação efetiva e interceptação em Caxiuanã, na Amazônia Oriental. *Acta Amazônica*, Dez 2008, vol.38, no.4, p.723-732. ISSN 0044-5967.

RIZZINI, C.T. Tratado de fitogeografia do Brasil. 2ªed. Rio de Janeiro: Âmbito Cultural Edições Ltda, 1997. 747p.

RODRIGUES, V.A. Redistribuição das chuvas pelas copas de um povoamento de seringueira, José Bonifácio, SP. *Revista do Instituto Florestal*, São Paulo, v. 21, n.1, p.19-26, 2009.

CAPÍTULO 2

INFLUÊNCIA DO NÚMERO DE FOLHAS DA PLANTA DE MACAÚBA (*Acrocomia aculeata*) NA CORRELAÇÃO ENTRE ESCOAMENTO PELO TRONCO E A PRECIPITAÇÃO EM ABERTO

1. INTRODUÇÃO

A substituição da vegetação nativa por culturas agrícolas e florestais é uma alteração no uso do solo, necessária ao desenvolvimento das atividades econômicas, mas que favorece a erosão promovida pelas águas das chuvas. Existe, quanto a isso, uma preocupação crescente em conciliar as atividades agrícolas e florestais com uma maior proteção ao solo, por meio de técnicas de manejo e uso de culturas que permitam que a água da chuva precipitada chegue ao solo com menor impacto, evitando a desagregação das partículas, facilitando o processo de infiltração e direcionamento da água ao lençol freático.

O escoamento pelo tronco equivale à água da chuva que, após ser retida pela copa, escoam pelos galhos e troncos em direção ao solo. Para que o escoamento pelo tronco ocorra é preciso, primeiro, a saturação da copa, isto é, seja atingida a capacidade máxima de retenção de água. Atingida a saturação, e com a continuidade da chuva, inicia-se o processo de escoamento pelo tronco (SHINZATO, et al., 2011). Aparecido et al. (2011), afirmam que este processo, apesar de representar uma parcela pequena do balanço hídrico anual, possui significado importante no regime químico e hidrológico do solo, pois promove a ciclagem de nutrientes, que podem ser estratégicos no desenvolvimento das plantas, além de facilitar a infiltração e o direcionamento da água ao lençol freático.

Além das características da chuva (intensidade, presença de ventos, duração, etc), supõe-se que as características morfológicas das plantas exercem forte influência no percentual de água precipitada que irá escoar pelo tronco. Aparecido et al. (2011), estudando a relação entre os atributos físicos de árvores do cerrado e o escoamento da água da chuva pelo tronco concluíram que é possível afirmar que o volume de água que escoam pelo tronco tem correlação com o volume do fuste, com o tamanho da copa e com a altura da planta.

Dias et al. (2011), afirmam que macaúba (*Acrocomia aculeata*) apresenta características botânicas e morfológicas que favorecem a captação de água de maneira

eficiente. Os autores consideram que a forma da copa lembra um funil e que os folíolos funcionam como pequenas calhas capazes de direcionar a água captada para a região central da folha, e que as bainhas lembram calhas maiores direcionando para o estipe. Acrescentam, ainda, que a presença de pilosidade e espinhos aumenta a superfície de captação, favorecendo o escoamento pelo tronco.

De modo geral, as palmeiras possuem formato de copa bem definido, com as folhas distribuídas ao longo do estipe, podendo se inferir que a maior ou menor capacidade de interceptação da água da chuva será fortemente influenciada pelo número de folhas que a planta possui.

Considerando o potencial produtivo da macaúba, sua importância como alternativa na diversificação da produção agrícola, e tendo como hipótese uma positiva contribuição nos processos hidrológicos de uma bacia hidrográfica, este estudo teve por objetivo conhecer a influência do número de folhas da planta de macaúba na correlação entre o escoamento pelo tronco (Et) e a precipitação em aberto (PA).

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Área de estudo

Os dados desta pesquisa foram coletados na Fazenda Experimental da Universidade Federal de Viçosa (UFV), localizada no município de Araponga, MG.

A Fazenda Experimental situa-se entre as coordenadas 20° 40'S e 42° 31' O, com altitude de 885 metros. Segundo Costa e Silva, (2008), baseado no modelo proposto por Koppen, o clima da região é classificado como Cwb, caracterizado como subtropical/tropical de altitude, com inverno seco e verão quente, temperatura variando, durante o ano, entre 3° e 28° e com solo classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico. As médias anuais de precipitação variam entre 1.300 e 1.500 mm.

2.2. Metodologia

A precipitação de chuva foi monitorada por meio de três pluviômetros confeccionados com canos de PVC, posicionados no entorno da área plantada, tendo abertura com diâmetro de 14,4 cm e, conseqüentemente, uma área de exposição e coleta

de 162,86 cm², sendo fixados de modo que a área de coleta ficasse a 1,50 metros do solo.

Para o monitoramento do escoamento da água da chuva pelo tronco das plantas de macaúba, foram instalados coletores em oito plantas localizadas na bordadura do plantio, sendo: 2 plantas com dez folhas, duas plantas com treze folhas, duas plantas com dezoito folhas e duas plantas com vinte e duas folhas. Considerando que o número de folhas da planta aumenta no correr do tempo, esse número de folhas foi definido pela quantidade média de folhas, contadas mês a mês, que cada planta apresentou no período de setembro de 2012 a março de 2013, meses com maior incidência de chuvas.

Antes da instalação dos coletores procedeu-se a retirada dos espinhos existentes nos caules das plantas. Os coletores foram produzidos com pneus usados de motocicleta. Para isso, eles foram cortados ao meio, retirada toda a borracha em um dos lados, por toda sua extensão e fixados ao caule em forma de espiral. Para eliminação de gretas entre o caule e o coletor foi utilizado silicone gel e espuma de poliuretano. Cada coletor foi ligado a dois galões de 25 (vinte e cinco) litros, através de mangueira flexível de 2 (duas) polegadas (Figura 1).

O volume de água escoado pelo tronco foi obtido em litros (l), sendo convertido para milímetros de coluna d'água (mm). Para isso foi necessário estabelecer a área de coleta, considerada, neste estudo, como a projeção da copa da planta, estabelecendo o limite da folha no ponto, a partir do qual, a água se desloca no sentido do caule. Obtidos volume em litros (l) e área de coleta em metros quadrados (m²), calcula-se o valor em milímetros (mm) pela equação: $P (mm) = \frac{V(l)}{A(m^2)}$ sendo: P = precipitação em milímetros (mm); V = volume em litros (l); A = área de coleta em metros quadrados (m²).



Figura 1: Coletor de água de escoamento sendo montado (A), Coletor com mangueira e galões (B).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados foram coletados em 94 eventos de chuva, ocorridos no período de setembro de 2012 a agosto de 2013. As chuvas variaram de um valor mínimo de 2,83 mm a um máximo de 55,65 mm.

A precipitação em aberto totalizou 1.339,95 mm, sendo representativo da precipitação anual local, que varia de 1300 a 1500 mm, destacando-se os meses de novembro/2012, agosto/2013 e julho/2013 como: maior volume precipitado, menor volume precipitado e sem ocorrência de chuvas, respectivamente (Tabela 1).

Tabela 1: Valores mensais e anuais de precipitação em aberto (PA) e escoamento pelo tronco (Et), Araponga, MG. Setembro de 2012 a agosto de 2013.

Mês	PA (mm)	Et (mm)	Et (% de PA)
Setembro/2012	13,39	0,55	4,11
Outubro/2012	91,28	4,94	5,41
Novembro/2012	301,12	11,97	3,98
Dezembro/2012	133,92	5,96	4,45
Jananeiro/2013	246,22	11,76	4,78
Fevereiro/2013	108,46	5,27	4,86
Março/2013	285,78	13,47	4,71
Abril/2013	74,51	3,35	4,50
Mai/2013	72,25	3,31	4,58
Junho/2013	9,81	0,27	2,75
Julho/2013	0,00	0,00	0,00
Agosto/2013	3,21	0,082	2,55
Total	1339,95	60,93	4,55

O escoamento pelo tronco obtido no plantio de macaúba foi de 60,93 mm para um volume de precipitação em aberto de 1.339,95, equivalente a 4,55% do total precipitado (Tabela 1). Arcova, Cicco e Rocha (2003), em estudo realizado em região de Mata Atlântica secundária, no Estado de São Paulo, onde o processo de regeneração ocorre há mais de 45 anos, obtiveram escoamento pelo tronco de 0,2% da precipitação em aberto. Oliveira Junior e Dias (2005), também em área de Mata Atlântica secundária no município de Viçosa, Minas Gerais, obteve volume de escoamento pelo tronco equivalente a 1,7% da precipitação em aberto. Oliveira et al. (2008), em região de floresta densa (500 árvores/ha) e dossel com altura média de 35 m, na Floresta Amazônica, obtiveram escoamento pelo tronco de 1,7% da precipitação em aberto. Portanto, o valor de escoamento pelo tronco, 4,55% da precipitação em aberto, obtido

no plantio de macaúba com apenas 4,5 anos de idade pode ser considerado elevado quando comparado com os valores obtidos por esses autores, considerando que a água que escoar pelo tronco chega ao solo sem maior impacto, favorecendo a infiltração no solo e a recarga do lençol freático.

Para um mesmo volume de precipitação em aberto (PA) ocorre um aumento no volume de escoamento pelo tronco na medida em que se aumenta o número de folhas da planta de macaúba. Para o volume de precipitação em aberto anual de 1.339,95 mm, os volumes de escoamento pelo tronco (Et) foram de 36,45 mm, 56,79 mm, 78,94 mm e 97,96 mm, para plantas com 10, 13, 18 e 22 folhas, respectivamente (Tabela 2).

Enquanto o volume de escoamento pelo tronco anual em plantas com 10 folhas foi de 36,45 mm, nas plantas com 22 folhas foi de 97,96 mm, correspondendo a um aumento de 2,68 vezes (Tabela 2).

O mês de agosto de 2013 apresenta o menor volume de precipitação em aberto (3,21 mm) e o maior aumento no volume escoado pelo tronco entre plantas de dez de vinte e duas folhas, correspondente a um aumento de 5,3 vezes. O menor aumento foi no mês de fevereiro de 2013, ainda assim, duas vezes maior. (Tabela 2).

Tabela 2: Valores mensais de escoamento pelo tronco (Et – mm) em plantas de macaúba com diferentes números de folhas, e valores mensais e anual de precipitação em aberto (PA – mm), Araponga, MG. Setembro de 2012 a agosto de 2013.

Mês	PA (mm)	Et (mm) 10 folhas	Et (mm) 13 folhas	Et (mm) 18 folhas	Et (mm) 22 folhas
ago/13	3,21	0,03	0,07	0,08	0,16
jun/13	9,81	0,18	0,22	0,33	0,41
set/12	13,39	0,43	0,70	1,02	1,41
mai/13	72,25	1,90	2,28	4,13	5,16
abr/13	74,51	2,58	3,60	5,02	5,85
out/12	91,28	2,67	3,83	6,01	7,83
fev/13	108,46	3,88	5,10	6,26	7,76
dez/12	133,92	3,04	5,47	7,42	9,65
jan/13	246,22	6,86	11,72	15,30	19,12
mar/13	285,78	9,09	11,47	16,90	21,56
nov/12	301,12	5,79	12,33	16,47	19,04
Total	1339,95	36,45	56,79	78,94	97,96

A maior frequência de eventos de chuva se deu com precipitação menor que 15 mm, correspondendo a 65,5% do total de eventos, com destaque para a ocorrência de 30 eventos entre 5 e 10 mm, equivalente a 34,5% do total. Registrou-se no período somente 5 eventos de chuva com precipitação maior que 40 mm, tendo média de 48,73 mm

(Tabela 3). O menor percentual de escoamento pelo tronco ocorreu em menores eventos de chuva. Isto se deve à necessidade de encharcamento da copa da planta para que o escoamento possa se iniciar. No entanto, independente da classe de precipitação em aberto, observa-se o aumento do percentual de escoamento pelo tronco, proporcional ao aumento do número de folhas das plantas.

Tabela 3: Valores médios de escoamento pelo tronco (Et), expressos em percentual de precipitação em aberto (PA), em plantas de macaúba com diferentes números de folhas, município de Araponga, MG. Setembro de 2012 a agosto de 2013.

Frequência	Classe de PA (mm)	PA (mm)	Et (% PA)			
			10 folhas	13 folhas	18 folhas	22 folhas
14	< 5,0	3,85	1,06	1,72	2,19	3,37
30	5,0 - 10,0	7,13	2,17	3,21	4,49	5,02
13	10,0 - 15,0	12,46	2,51	3,98	5,5	6,95
11	15,0 a 20,0	17,66	2,56	4,44	6,48	8,53
7	20,0 - 30,0	24,97	3,48	5,43	7,41	9,16
7	30,0 - 40,0	35,38	2,94	4,65	6,92	9,00
5	> 40,0	48,73	3,19	4,68	5,93	6,97

O menor percentual de escoamento pelo tronco se deu na combinação de eventos de chuva menores que 5,0 mm com plantas de dez folhas, enquanto que o maior percentual de escoamento pelo tronco se deu na combinação de eventos de chuva entre 20 e 30 mm, com plantas de vinte e duas folhas. Pode-se afirmar, portanto, que tanto o volume de chuva quanto o número de folhas das plantas apresentam uma relação diretamente proporcional com o volume de escoamento pelo tronco.

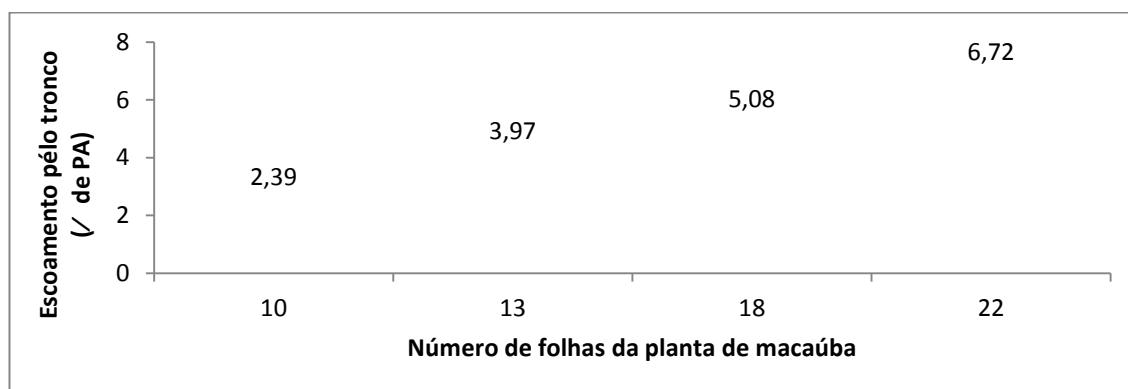


Figura 1: Escoamento pelo tronco em percentagem de precipitação em aberto (PA), em relação ao número de folhas em plantas de macaúba, município de Araponga, MG. Setembro de 2012 a agosto de 2013.

A média de escoamento pelo tronco, considerando os noventa e quatro eventos de chuva avaliados de setembro de 2012 a agosto de 2013 são apresentados na Figura 1.

Os volumes escoados corresponderam a 2,39%, 3,97%, 5,08% e 6,72% da precipitação em aberto, para plantas com 10, 13, 18 e 22 folhas, respectivamente.

Os eventos de chuva estudados permitiram elaborar modelos de dispersão para cada tipo de planta, conforme número de folhas e, a partir daí, obter os modelos de regressão. A Figura 2 apresenta a dispersão, os modelos de regressão e os coeficientes de determinação (R^2) do escoamento pelo tronco em plantas com 10, 13, 18 e 22 folhas.

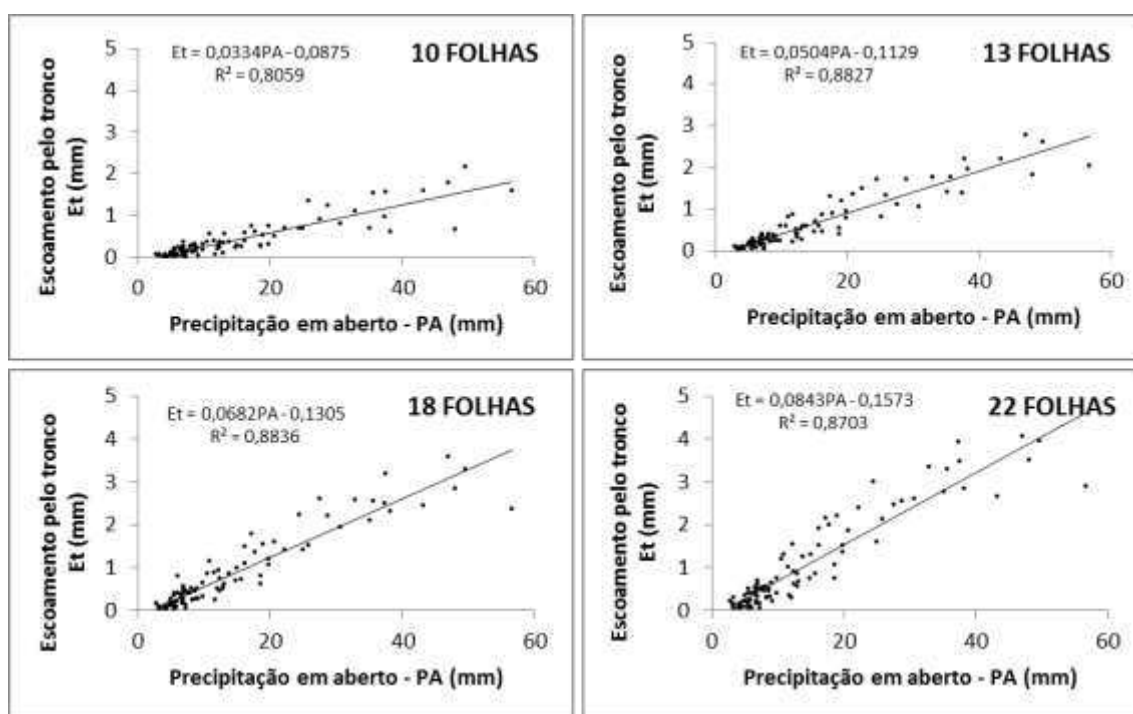


Figura 2: Correlações entre precipitação em aberto (PA) e escoamento pelo tronco (Et) em plantas de macaúba com 10 folhas, 13 folhas, 18 folhas e 22 folhas, município de Araponga, MG. Setembro de 2012 a agosto de 2013.

Existe forte correlação linear positiva entre a precipitação em aberto e o escoamento pelo tronco para todas as plantas estudadas, desde 10 folhas até aquelas com 22 folhas, sendo que para as plantas com 10 folhas o coeficiente de determinação (R^2) ficou em torno de 0,80 e para plantas com 13, 18 e 22 folhas em torno de 0,88 (Figura 2). Estes resultados informam que mais de 80% dos valores de escoamento pelo tronco, obtidos neste estudo, podem ser explicados pela variação na precipitação em aberto.

A partir das quatro equações de regressão obtidas (Figura 2), pôde-se estimar que o escoamento pelo tronco torna-se presente após precipitações em aberto iguais ou superiores a: 2,62 mm em plantas com 10 folhas, 2,24 mm em plantas com 13 folhas,

1,91 mm em plantas com 18 folhas e 1,87 mm em plantas com 22 folhas. Comparando com os valores de escoamento pelo tronco obtidos por Shinzato et al. (2011), onde o escoamento somente se inicia a partir de precipitação em aberto maior ou igual a 11,0 mm, 6,6 mm, e 8,2 mm, para povoamentos de Floresta Estacional Semidecidual, *E. cloeziana* e *Pinus sp.*, respectivamente, pode-se concluir da grande capacidade das plantas de macaúba interceptarem e direcionarem as águas das chuvas para o estipe, permitindo o escoamento através do caule em pequenos eventos de chuva.

4. CONCLUSÕES

A macaúba (*Acrocomia aculeata*), por suas características morfológicas, favorece a captação da água de chuva, apresentando volume relativamente elevado de escoamento pelo tronco (Et) em plantas ainda jovens. Pode-se, também, afirmar que sua copa em formato de funil conduz a água para o caule, iniciando o escoamento pelo tronco a partir de pequenos eventos de chuva.

De acordo com os resultados obtidos, conclui-se que quanto maior o número de folhas da planta de macaúba, maior será a capacidade de captação de água da chuva e, dessa forma, menor será a altura pluviométrica capaz de iniciar o processo de escoamento pelo tronco.

Foi observado que existe forte correlação linear positiva entre a precipitação em aberto (PA) e o escoamento pelo tronco (Et), independente do número de folhas por planta.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

APARECIDO, L. M. T.; HONDA, E. A.; JARDIM, C. B.; DURIGAN, G. Relação entre atributos físicos de árvores do cerrado e o escoamento da chuva pelo tronco. In: Congresso de Ecologia do Brasil, 10º, 2011, São Lourenço. Sociedade de Ecologia do Brasil, 2011.

COSTA E SILVA, J. O. Capacidade combinatória e seleção de pessegueiro para baixa necessidade de frio hiberna. Viçosa, MG: UFV, 2008. 108 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 2008.

ARCOVA, F. C. S.; CICCIO, V.; ROCHA, P. A. B. Precipitação efetiva e interceptação das chuvas por floresta de Mata Atlântica em uma microbacia experimental em cunha – São Paulo. Revista *Árvore*, Viçosa, MG, v. 27, n. 2, p. 257-262, 2003.

DIAS, H. C. T.; SATO, A. Y.; OLIVEIRA NETO, S. N.; MORAIS, T. de C.; FREIRE, A.; BENTO, P. S. Cultivo de Macaúba: Ganhos ambientais em áreas de pastagens. Informe Agropecuário (Belo Horizonte), v. 32, p. 52-60, 2011.

OLIVEIRA, L. L.; COSTA, R. F.; SOUZA, F. A. S.; COSTA, A. C. L.; BRAGA, A. P. Precipitação efetiva e interceptação em Caxiuanã, na Amazônia Oriental. *Acta Amazônica*, Dez 2008, vol.38, no.4, p.723-732. ISSN 0044-5967.

OLIVEIRA JUNIOR, J. C.; DIAS, H. C. T. Precipitação efetiva em fragmento secundário de mata atlântica. *Revista Árvore*, Viçosa, v. 29, n. 1, p. 9-15, 2005.

SHINZATO, E. T.; TONELLO, K. C.; GASPAROTO, E. A. G.; VALENTE, R. O. A. Escoamento pelo tronco em diferentes povoamentos florestais na Floresta Nacional de Ipanema em Iperó, Brasil. *Scientia Forestalis*, v.39, n.92, p.395-402, 2011.

CAPÍTULO 3

ESCOAMENTO SUPERFICIAL DE ÁGUA DE CHUVA EM PLANTIO EXPERIMENTAL DE MACAÚBA (*Acrocomia aculeata*), SOB DIFERENTES FORMAS DE MANEJO

1. INTRODUÇÃO

A principal causa da degradação das terras agrícolas é a erosão do solo, a qual consiste nos processos de desprendimento e arraste das partículas de solo causado pela ação da água e do vento. No Brasil, a erosão hídrica é a mais importante, sendo responsável pela maior parte das perdas de solo. O escoamento superficial transporta partículas de solo em suspensão, nutrientes, matéria orgânica, sementes e agrotóxicos, prejudicando a produção agropecuária e poluindo os recursos hídricos (BERTONI e LOMBARDI NETO, 1990).

No manejo de microbacias hidrográficas são utilizadas práticas que visam a conservação de solo e água, entre outros objetivos. Nesse sentido, a proteção ao solo com o uso das diversas técnicas de manejo, tem por objetivo principal favorecer a infiltração da água de chuva no solo, abastecendo o lençol freático, ao mesmo tempo em que se minimiza o processo erosivo por evitar o escoamento superficial. Esses serviços ecossistêmicos são prestados, naturalmente, com grande eficiência, pela cobertura vegetal nativa, nas regiões de florestas tropicais. No entanto, a retirada da vegetação nativa e a introdução dos cultivos agrícolas têm facilitado o escoamento superficial pela diminuição da proteção ao solo. Importa, portanto, além do uso de técnicas de conservação, conhecer e utilizar plantas que, além do bom rendimento econômico, promovam uma boa proteção ao solo, evitando o escoamento superficial e, conseqüentemente, o processo erosivo do solo.

A macaúba (*Acrocomia aculeata*) (Jacq.) Lodd. (Ex Martius) é uma palmácea oleaginosa nativa da flora brasileira, cujas potencialidades têm merecido destaque no meio científico (DIAS et al., 2011). Vários estudos sinalizam que a macaúba cultivada poderá atingir a produtividade de 4,8 t/ha de óleo, equivalente à da palma africana (dendê). Atualmente, o dendê é a cultura com maior produtividade de óleo por hectare cultivado e também a que contribui com a maior parcela do óleo vegetal produzido em nível mundial. A vantagem da macaúba em relação ao dendê é sua adaptabilidade a toda

zona tropical da América Latina, ao passo que a palma está restrita a zonas equatoriais (PIMENTEL, 2011).

Proporcionar uma boa produtividade de óleo para ser usado como biodiesel e, ao mesmo tempo, permitir proteção ao solo evitando o processo erosivo e conservando a água em termos de qualidade e disponibilidade podem ser benefícios oferecidos pela cultura da macaúba, quando bem manejada. Segundo Dias et al. (2011), a macaúba, por suas características botânicas e morfológicas favorece a captação de água de forma eficiente. Consideram que a copa da planta, em forma de funil, com folíolos funcionando como pequenas calhas são capazes de direcionar a água da chuva interceptada para a região central da folha e dirigi-la para o estipe. Afirmam que a presença de espinhos e pelos aumenta a área de captação mantendo a umidade e a temperatura microclimática. Enfim, os autores inferem que o cultivo da macaúba contribui de forma positiva nos processos hidrológicos, promovendo maior infiltração da água no solo e reduzindo o escoamento superficial.

Este estudo teve por objetivo quantificar o escoamento superficial no plantio de macaúba, comparando diferentes técnicas de manejo da cultura.

2. MATERIAL E MÉTODO

2.1.ÁREA DE ESTUDO

Os dados desta pesquisa foram coletados na Fazenda Experimental da Universidade Federal de Viçosa (UFV), localizada no município de Araponga, MG.

A Fazenda Experimental situa-se entre as coordenadas 20° 40'S e 42° 31'O, com altitude de 885 metros. Segundo Costa e Silva, (2008), baseado no modelo proposto por Koppen, o clima da região é classificado como Cwb, caracterizado como subtropical/tropical de altitude, com inverno seco e verão quente, temperatura variando, durante o ano, entre 3° e 28° e com solo classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico. As médias anuais de precipitação variam entre 1.300 e 1.500 mm.

A Figura 1 apresenta a área de plantio das macaúbas na Fazenda Experimental da UFV em Araponga, Minas Gerais.



Figura 1: Área plantada com macaúba e pluviômetros instalados.

Fonte: Adaptado de Google Earth – Foto de 2011

As mudas tinham um ano de idade no período de plantio, o qual foi realizado em fevereiro de 2009, em covas, no espaçamento de 5X5, em área de 1,7 ha (680 plantas). Nesta área, a partir de agosto de 2012, teve início o monitoramento dos parâmetros hidrológicos para atender aos objetivos deste trabalho.

2.2. METODOLOGIA

Para o monitoramento da precipitação em aberto foram utilizados três pluviômetros confeccionados com canos de PVC de diâmetro de 14,4 cm e, conseqüentemente, área de exposição e coleta de 162,86 cm², fixados de modo que a abertura estivesse a 1,50 metros do solo, posicionados no entorno da área plantada, representados na Figura 1 por pluviômetros 1, 2, 3.

As leituras foram realizadas, diariamente, entre sete e oito horas da manhã, os dados digitalizados para posterior tabulação e análise, permitindo, assim, resumos diários, mensais e anuais das chuvas.

Para o monitoramento do escoamento superficial e a comparação de diferentes sistemas de manejo na conservação do solo, foram instaladas dez (10) parcelas com área de sessenta e três (63) metros quadrados, cada uma delimitada por 32 metros de lâmina metálica (rufos), com calha construída para a coleta do escoamento em galões de vinte e cinco (25) litros. As dez (10) parcelas constituíram três (3) tratamentos e três (3) repetições, acrescidos da parcela testemunha, cada parcela envolvendo quatro (4) plantas de macaúba. O tratamento um (T₁) foi formado pelas macaúbas plantadas em covas sem a utilização de nenhuma técnica de conservação do solo; o tratamento dois (T₂) constou das macaúbas plantadas em covas e um cordão de contorno com 40 cm centímetros de largura por 30 cm de profundidade, localizado na parcela e abaixo das plantas; o tratamento três (T₃) constou do plantio das macaúbas em covas e, durante os meses chuvosos, do plantio de feijão formando faixas de vegetação; o tratamento testemunha (T₀) foi representado por uma parcela sem plantas de macaúba, com a vegetação espontânea crescendo por toda a parcela, onde não foi usada nenhuma técnica de conservação de solo.

Em todas as parcelas dos tratamentos T1, T2 e T3 foi mantido o controle da vegetação espontânea em um raio de um (1) metro em torno das plantas de macaúba (anelamento), procedimento este que já era adotado para toda a área plantada.

O efeito dos tratamentos sobre os valores dos parâmetros estudados foi testado por meio de análise da variância. Quando os valores dos parâmetros avaliados foram estatisticamente diferentes, suas médias foram comparadas pelo teste de Tuckey, a 5% de significância, com auxílio do programa computacional SISVAR (FERREIRA, 2011).

A Figura 2 apresenta a distribuição das parcelas de escoamento superficial, com os tratamentos, repetições e a declividade do terreno em cada parcela.

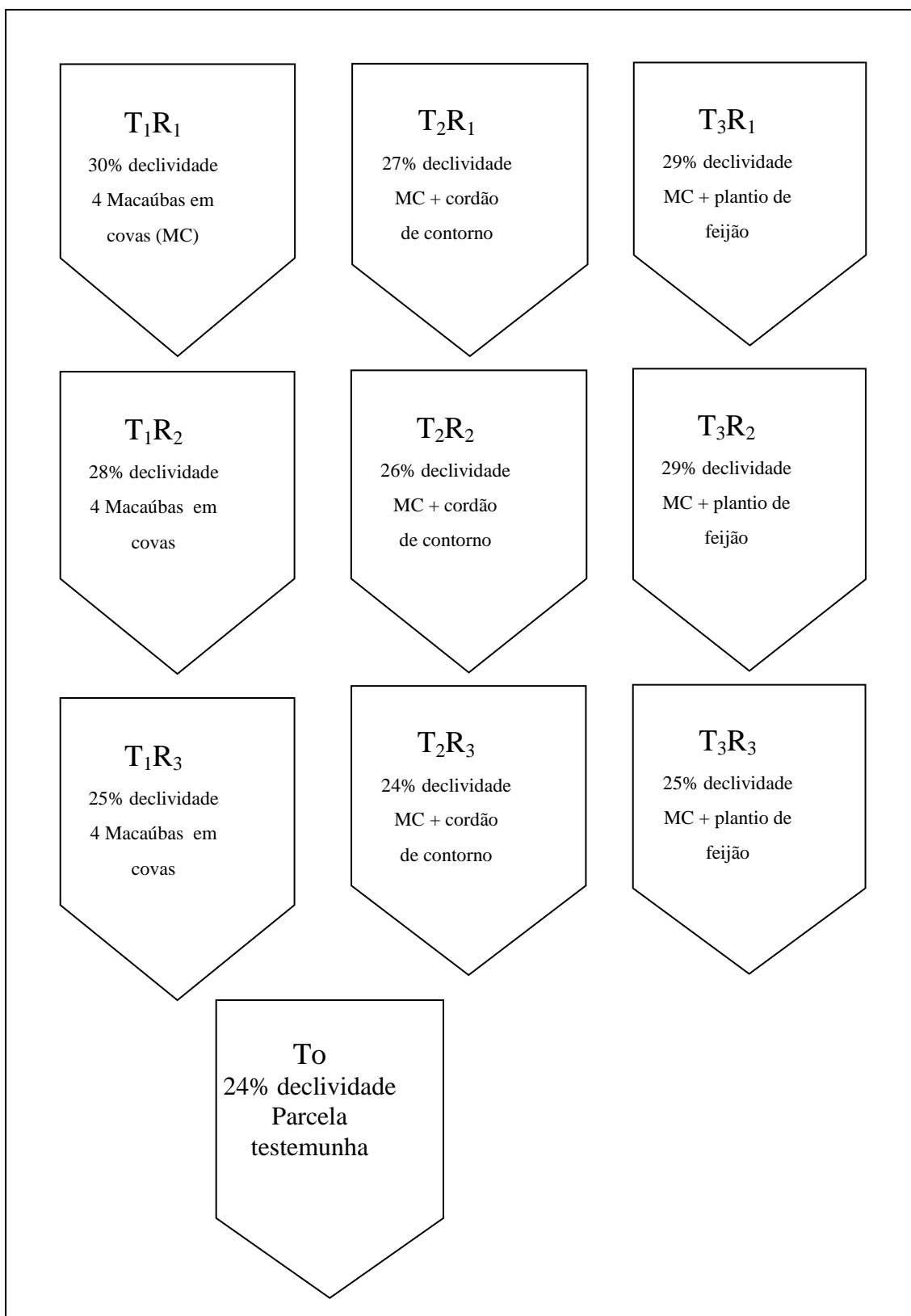


Figura 2: Distribuição das parcelas de escoamento superficial. T = tratamento, R = repetição, MC = macaúba em covas.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As amostras para esse estudo foram coletadas de 94 eventos de chuva, ocorridos no período de agosto de 2012 a setembro de 2013. Os eventos de chuva variaram de um valor mínimo de 2,83 mm a um valor máximo de 55,65 mm. A precipitação em aberto totalizou 1.339,95 mm, sendo representativo da precipitação anual local, que varia de 1.300 a 1.500 mm, destacando-se os meses de novembro/2012, agosto/2013 e julho/2013 como: maior volume precipitado, menor volume precipitado e sem ocorrência de chuvas, respectivamente (Figura 3).

Observa-se uma maior concentração de chuvas nos meses de novembro/2012, janeiro/2013 e março/2013 (Figura 3), com um total precipitado, nesses três meses, de 833,12 mm, equivalente a 62% da precipitação em aberto ocorrida no período de 12 meses.

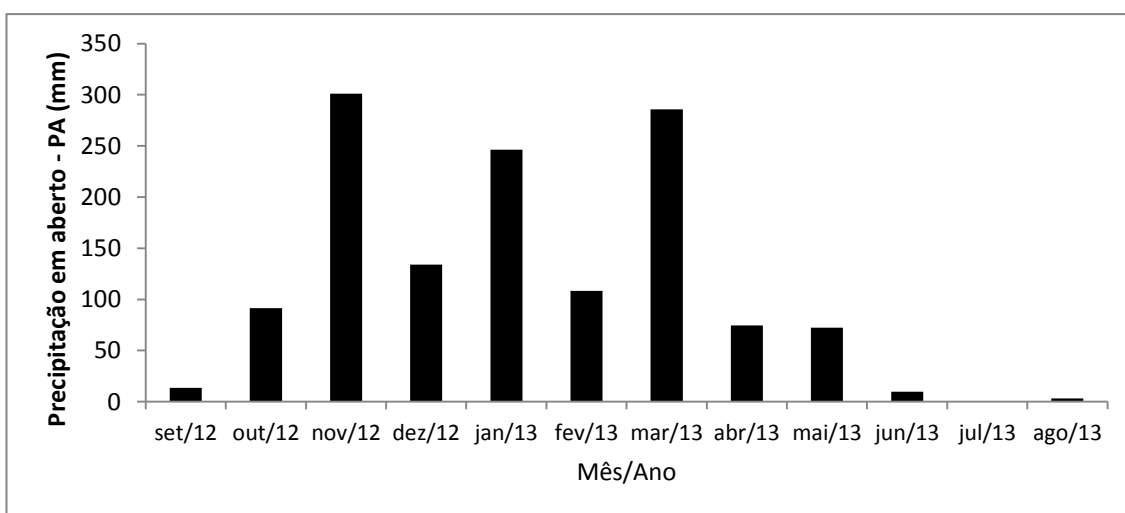


Figura 3: Precipitação em aberto (mm), Fazenda Experimental UFV, Araponga – MG. Setembro de 2012 a agosto de 2013.

Os 94 eventos de chuva ocorridos no período de estudo desencadearam em média, entre os tratamentos, 49 eventos de escoamento superficial, equivalente a 52% dos eventos de chuva. No tratamento testemunha (T0) ocorreu o menor número de eventos de escoamento superficial (35 eventos), equivalente a 37% dos eventos de precipitação (Tabela 1). Esse resultado pode ser justificado pela ausência de manejo nesse tratamento, permanecendo as parcelas cobertas por vegetação espontânea durante a maior parte do período de estudo. O maior número de eventos de escoamento superficial ocorreu no tratamento 3 (T3), mantido com plantio de feijão durante a maior parte do período chuvoso (Tabela 1). Há que se destacar que o solo nas parcelas T3 se

apresentava mais exposto devido ao controle exercido sobre a vegetação espontânea, em toda área das parcelas. Entre os tratamentos comparados (T1, T2 e T3) o tratamento T2, com cordão de contorno, apresentou o menor número de eventos de escoamento superficial (Tabela 1).

Tabela 1: Precipitação em aberto (mm e nº de eventos) e escoamento superficial (nº de eventos) nos diversos tratamentos, Fazenda Experimental da UFV, Araponga, MG. Setembro de 2012 a agosto de 2013.

Precipitação em aberto			Escoamento superficial - Es (Nº de eventos)				
Mês	(mm)	Nº eventos	T1	T2	T3	T0	Média
set/12	13,39	2	1	1	1	1	1
out/12	91,28	6	2	2	2	2	2
nov/12	301,12	18	10	9	10	8	9,25
dez/12	133,92	12	5	5	7	5	5,5
jan/13	246,22	16	7	6	12	5	7,5
fev/13	108,46	10	7	6	8	2	5,75
mar/13	285,78	15	11	9	11	6	9,25
abr/13	74,51	9	6	5	8	3	5,5
mai/13	72,25	4	3	3	3	3	3
jun/13	9,81	1	0	0	0	0	0
jul/13	0	0	0	0	0	0	0
ago/13	3,21	1	0	0	0	0	0
Total	1339,95	94	52	46	62	35	49

O mês de maio/2013 se destaca pela ocorrência de 3 eventos de escoamento superficial em apenas 4 eventos de chuva (75%) (Tabela 1). Nesse mês as chuvas ocorreram em dias próximos (23, 25, 28 e 29), permitindo a manutenção de umidade antecedente e apenas o evento de chuva do dia 23 teve menor volume (3,58 mm), enquanto os demais apresentaram 25 mm, 12,45 mm e 30,75 mm.

A comparação entre os valores de escoamento superficial, a cada mês do período de estudo, para os tratamentos T1, T2 e T3, é observada na Figura 4. O tratamento T2 (c/ cordão de contorno) apresenta o menor volume de escoamento superficial em todos os doze meses de estudo, confirmando a importância dessa técnica de conservação do solo na cultura da macaúba. O tratamento T3 (c/ cultura do feijão) apresentou os maiores valores de escoamento superficial. Neste tratamento, o feijão foi plantado no dia 14 de novembro de 2012 e colhido no dia 12 de fevereiro de 2013. Assim, nos meses de janeiro e fevereiro de 2013 as plantas de feijoeiro estavam plenamente desenvolvidas, dando ao solo o máximo de proteção que essa espécie poderia oferecer. No entanto, mesmo nesses meses os volumes de escoamento superficial nesse tratamento foram elevados. Pode-se considerar como justificativa que a ausência de vegetação espontânea e a intervenção no solo para o plantio do feijão ocasionaram

menor proteção contra o escoamento superficial. O tratamento T1, no qual não foram utilizadas técnicas de conservação de solo, apresentou valores de escoamento superficial menores que o T3 na maioria dos meses estudados, o que se justifica pela presença de vegetação espontânea em vários meses..

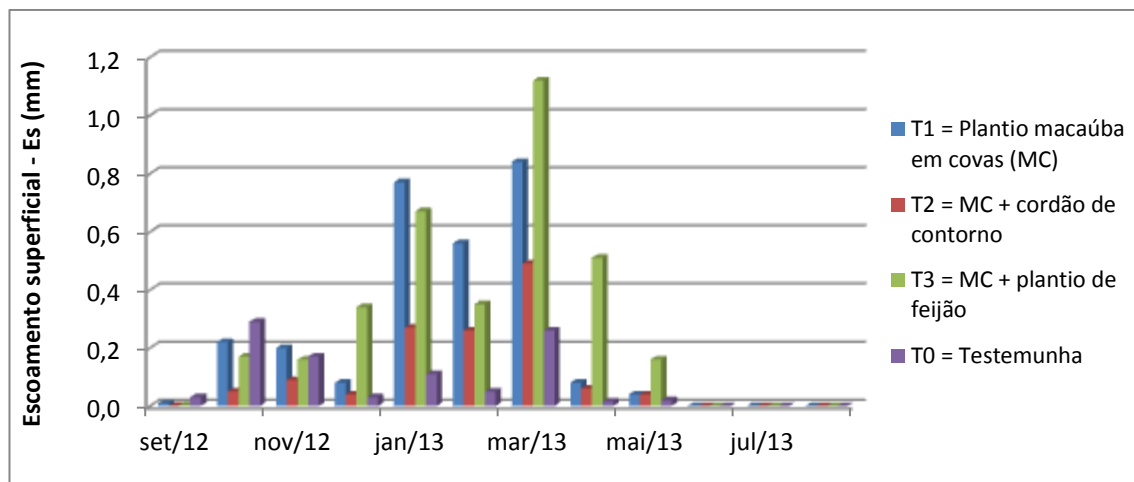


Figura 4: Escoamento superficial mensal (mm), em plantio de macaúba, Fazenda experimental UFV, Araponga, MG. Setembro de 2012 a agosto de 2013.

Durante a maior parte do período de estudo o tratamento testemunha (T0), sem plantas de macaúba e sem práticas de manejo, apresentou menores volumes de escoamento superficial, com exceção feita para os meses de set/12, out/12 (Figura 4), nos quais a vegetação espontânea nas parcelas de T0 estava pouco desenvolvida. Essa vegetação, importante na proteção ao solo, começa a se desenvolver no mês de novembro para, a partir daí, exercer o papel de proteção ao solo contra o escoamento superficial.

As médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade. O tratamento 2 (T2) apresentou menores volumes médios mensais de escoamento superficial em todos os meses de estudo, destacando-se nos meses de outubro/12, novembro/12, janeiro/13 e março/13, por se diferir estatisticamente dos tratamentos T1 e T3 (Tabela 2).

Entre os nove meses que apresentaram escoamento superficial, somente o mês de fevereiro/13 o tratamento 3 (T3), com plantio de feijão, apresentou menor escoamento superficial, igualando-se, estatisticamente, a T2 (com cordão de contorno). Esse resultado se explica pelo fato de que o mês de fevereiro/13 foi aquele no qual as plantas de feijoeiro chegaram à condição de máximo desenvolvimento, promovendo maior proteção ao solo contra o escoamento superficial.

Tabela 2: Precipitação em aberto e médias mensais de escoamento superficial (mm), em plantio de macaúba (*Acrocomia aculeata*), na Fazenda Experimental da UFV, Araponga – MG. Setembro/2012 a agosto/2013. As médias indicadas com a mesma letra nas linhas não se diferem pelo Teste Tukey ($p > 0,05$).

Mês	PA - mm	T1	T2	T3	T0
set/12	13,39	0,009 a	0,001 b	0,004 b	0,030
out/12	91,28	0,220 a	0,050 b	0,170 a	0,290
nov/12	301,12	0,200 a	0,090 b	0,160 a	0,170
dez/12	133,92	0,080 a	0,040 a	0,340 b	0,030
jan/13	246,22	0,770 a	0,270 b	0,670 a	0,110
fev/13	108,46	0,560 a	0,260 b	0,350 b	0,050
mar/13	285,78	0,840 a	0,490 b	1,120 a	0,260
abr/13	74,51	0,080 a	0,060 a	0,510 b	0,015
mai/13	72,25	0,040 a	0,040 a	0,160 b	0,020
jun/13	9,81	0,000	0,000	0,000	0,000
jul/13	0	0,000	0,000	0,000	0,000
ago/13	3,21	0,000	0,000	0,000	0,000

Entre os volumes totais de escoamento superficial ocorridos nos diversos tratamentos, durante os doze meses de estudo, destaca-se o tratamento T2 (c/ cordão de contorno), como de menor volume de água escoado superficialmente, com um percentual de escoamento equivalente a 0,10% do volume de chuva precipitado, seguido do tratamento T1 (sem técnicas de conservação) com 0,21% de PA e o tratamento T3 (c/ feijão) com 0,26% de PA (Figura 5).

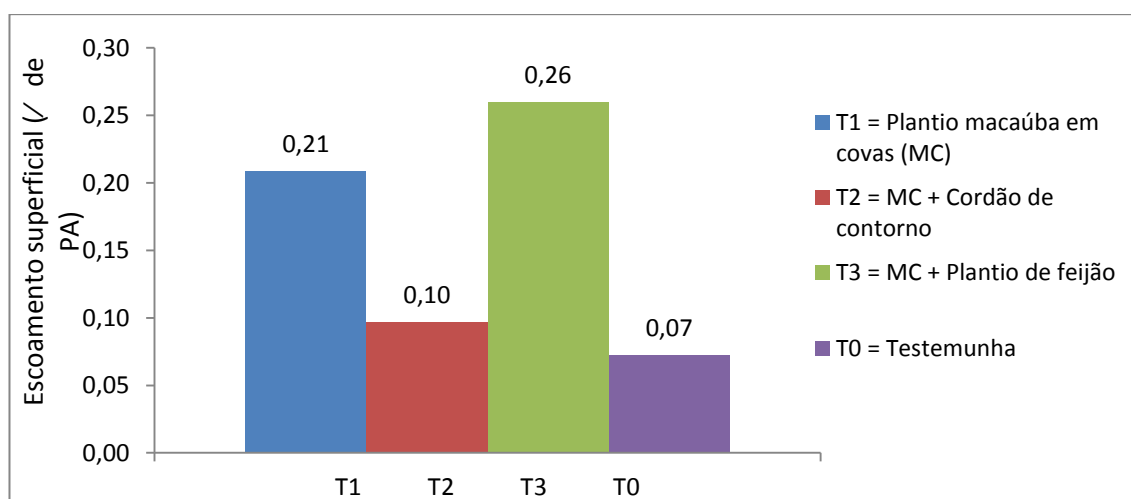


Figura 5: Escoamento superficial em percentagem de precipitação em aberto (PA), para os diversos tratamentos, Fazenda Experimental da UFV, Araponga, MG. Setembro de 2012 a agosto de 2013.

Silva et al. (2012), avaliaram o efeito das perdas de solo e água no plantio consorciado de feijão e milho, sob seguintes formas de preparo do solo: uso de enxada (EN), aração e gradagem (AG), duas arações e uma gradagem (AAG) e gradagem (G).

O estudo foi conduzido no período de 1970 a 1990, em um Regossolo Eutrófico com declividade de 12%. Os resultados obtidos de escoamento superficial, apresentados em percentagem da precipitação em aberto foram os seguintes: 1,3%, 3,4%, 3,5% e 1,7% para os tratamentos EN, AG, AAG e G, respectivamente. Esses valores permitem inferir que os resultados obtidos nos tratamentos com macaúba são relativamente baixos, e que o tratamento T3, com plantio de feijão, o maior escoamento entre os tratamentos estudados na macaúba (0,26%) é cinco vezes menor do que o menor valor obtido por Silva et al (1998) no consórcio milho/feijão, conduzido em área com menor declividade e em solo com maior capacidade de infiltração.

Silva et al (2009) avaliaram o escoamento superficial em floresta de eucalipto com 4 anos de idade plantada em área de Latossolo vermelho-amarelo distrófico com declividade média de 43%. Nesse estudo os autores encontraram valor médio de escoamento superficial equivalente a 0,93% da precipitação em aberto. Neto et al (2009) avaliaram o escoamento superficial em fragmento de Mata Atlântica no município de Viçosa em área com declividade de 23%, obtendo valor médio de escoamento superficial de 0,10% da precipitação em aberto. Apesar da diversidade dos fatores que influenciam no escoamento superficial, a comparação destes valores com os obtidos no plantio da macaúba permite considerar que essa vegetação apresenta características que destacam seu potencial no que diz respeito à proteção do solo contra erosão pela chuva, por minimizar o processo de escoamento superficial.

Existe uma correlação linear positiva entre o volume de precipitação e o escoamento superficial em todos os tratamentos. Para os tratamentos T1 (sem uso de técnicas de conservação), T2 (com cordão de contorno), T3 (com plantio de feijão) os valores do coeficiente de determinação (R^2) foram 0,484, 0,459 e 0,404 respectivamente, indicando que para os três tratamentos estudados, 48% (T1), 46% (T2) e 40% (T3) dos volumes de escoamento superficial obtidos podem ser explicados pela variável precipitação em aberto (PA) (Figura 6). Os percentuais não explicados pela precipitação em aberto se devem à influência de outras variáveis, entre as quais Penman (1963) destaca a intensidade de precipitação, a duração da precipitação e a umidade anterior do solo.

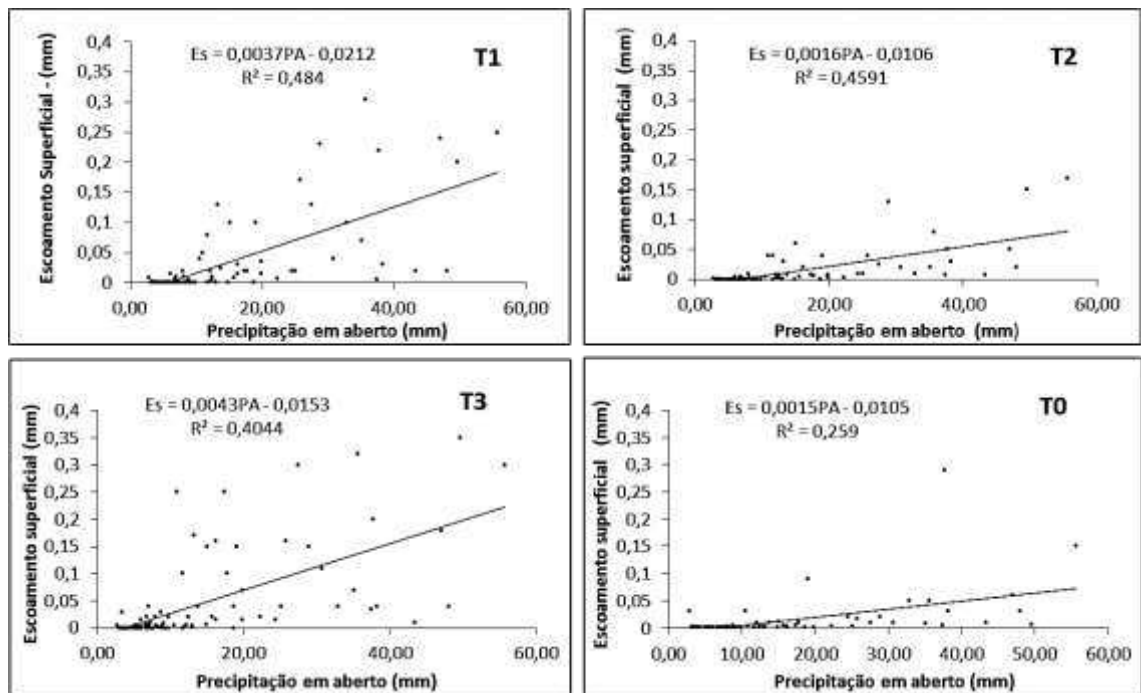


Figura 6: Correlação entre precipitação em aberto e escoamento superficial nos tratamentos: T1 (sem técnicas de conservação), T2 (cordão de contorno), T3 (plantio de feijão) e T0 (sem plantas de macaúba), em plantio de macaúba. Fazenda Experimental da UFV, Araponga – MG. Setembro de 2012 a agosto de 2013.

O tratamento T0 (testemunha), no qual não havia plantas de macaúba e a vegetação espontânea se desenvolveu por toda a parcela, o valor do coeficiente de determinação foi mais baixo ($R^2 = 0,259$) (Figura 6). Isso implica em que apenas 26% dos volumes de escoamento superficial podem ser explicados pela variável precipitação em aberto, indicando maior influência das outras variáveis, anteriormente citadas.

A partir das quatro equações de regressão obtidas (Figura 6), pôde-se estimar que o escoamento superficial, nos quatro tratamentos estudados, torna-se presente após precipitações em aberto iguais ou superiores a: 5,73 mm em T1, 6,63 mm em T2, 3,56 mm em T3 e 7,00 mm em T0 (Figura 6). Pode-se observar que no plantio de macaúba a presença do cordão de contorno (T2) exige maior volume de precipitação para que se inicie o escoamento superficial, enquanto que o plantio de feijão nas entrelinhas das plantas de macaúba (T3), faz com que um menor volume de precipitação inicie o processo de escoamento superficial. No tratamento testemunha (T0) o escoamento superficial se inicia somente após volume precipitado de 7,00 mm, indicando que a vegetação espontânea, presente nesse tratamento e ocupando toda a parcela, promove maior proteção do solo.

4. CONCLUSÕES

Entre os tratamentos estudados, aquele com cordão de contorno apresenta menores valores de escoamento superficial durante os doze meses do período de estudo, sendo, também, o tratamento que exige maior volume de precipitação para que se inicie o processo de escoamento superficial.

O tratamento com plantio de feijão nas entrelinhas da macaúba apresentou volumes mais elevados de escoamento superficial em todos os doze meses do período de estudos, com pequena redução nos meses de janeiro e fevereiro de 2013, quando as plantas de feijoeiro estavam mais desenvolvidas.

No cultivo da macaúba, para a condição de declividade (em torno de 25%) na qual foi instalado este experimento, recomenda-se o uso de cordão de contorno como método de controle do escoamento superficial e, conseqüentemente, da erosão.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. Conservação do solo. 3.ed. São Paulo, Ícone, 1990. 355p.

COSTA E SILVA, J. O. Capacidade combinatória e seleção de pessegueiro para baixa necessidade de frio hibernal. Viçosa, MG: UFV, 2008. 108 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 2008.

DIAS, H. C. T. et al. Cultivo da macaúba: ganhos ambientais em áreas de pastagens. Informe Agropecuário. Belo Horizonte, v.32, n.265, p.52-60, 2011.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. Ciência e Agrotecnologia, v.35, p.1039-1042, 2011.

NETO, P. S.; MAFFIA, V. P.; DIAS, H. C. T.; SOUZA e SILVA, W. A. Avaliação do escoamento superficial de água de chuva em um fragmento de Mata Atlântica no município de Viçosa, MG. II Seminário de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Paraíba do Sul: RAD, Serviços Ambientais e Sustentabilidade. Taubaté, IPABHi, p.133-140, 2009.

PENMAN, H.L. Vegetation and hydrology. London: Commonwealth Agricultural Bureau, (Technical communication, 53). 1963. 124 p.

PIMENTEL, L. D. et al. Coeficientes técnicos e custos de produção do cultivo da macaúba. Informe Agropecuário. Belo Horizonte, v.32, n.265, p.61-69, 2011.

PRUSKI, F. F. Conservação de solo e água: práticas mecânicas para o controle da erosão hídrica. 1ª Ed., Viçosa: Editora UFV. 2006. 240p.

SILVA, J. V.; PAULINO, E. J.; OLIVEIRA, R. J.; COSTA, C. C. Escoamento superficial em floresta plantada em Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico. X Encontro Latino Americano de Pós Graduação. Universidade do Vale do Paraíba, São José dos Campos. 2009.

CAPÍTULO 4

TURBIDEZ, CONDUTIVIDADE ELÉTRICA E pH DA ÁGUA DA CHUVA EM PLANTIO EXPERIMENTAL DE MACAÚBA (*Acrocomia aculeata*)

1. INTRODUÇÃO

A água da chuva, após entrar em contato com o dossel da floresta, tem suas características físico-químicas alteradas pela lixiviação de metabólitos dos tecidos das folhas, troncos e ramos, e também pela lavagem de partículas provenientes da deposição seca que acumulam durante o período de estiagem (OKI, 2002).

Este aspecto do ciclo da água em ecossistemas florestais assume grande importância no que diz respeito à ciclagem de nutrientes. Sampaio et al. (1995) afirma que o retorno de nutrientes por meio da água de chuva constitui um processo de ciclagem biogeoquímica de nutrientes, destacando sua importância para regiões onde predominam sistemas agrícolas de baixo uso de insumos externos, como a região semi-árida do Nordeste brasileiro. Nesse contexto, Peres-Marin e Menezes (2008) destacam três processos através dos quais a precipitação pluvial pode promover a entrada de nutrientes: pela incidência direta sobre o solo sem interação com as copas, denominada precipitação total; pela lavagem das copas e deposição no solo, ou precipitação interna; e pelo escoamento pelo tronco com posterior infiltração no solo.

Diversos estudos chamam a atenção para o fato de algumas espécies florestais promoverem significativas alterações na qualidade da água, não sendo, portanto, recomendadas para o plantio às margens de reservatórios. Lima & Barbin (1975) estudaram a influência das plantações de eucalipto e de pinheiros na qualidade da água de chuva que passa pela copa das plantas, tanto dentro das plantações (precipitação interna e escoamento pelo tronco) como em um terreno adjacente (precipitação em aberto). Analisaram as amostras quanto ao pH, turbidez, condutividade elétrica, cor e sólidos totais dissolvidos. Concluíram que o eucalipto foi, em geral, responsável por uma maior alteração na qualidade da água, quanto aos parâmetros estudados. Os autores destacaram que essas alterações foram particularmente maiores na água de escoamento pelo tronco do que na água de precipitação interna.

A condutividade elétrica, a turbidez e o pH são parâmetros físicos eficazes quando se quer conhecer alterações ocorridas na qualidade da água. Segundo CETESB (2007), a condutividade elétrica, apesar de não determinar, especificamente, quais íons

estão presentes em determinada amostra, indicam a maior ou menor concentração mineral. A turbidez indicando o nível de interferência que a luz sofre ao passar pela água, expressa a quantidade de materiais em suspensão, podendo até ser usada como medida direta dessa quantidade, enquanto o pH (potencial hidrogeniônico) mede o grau de acidez, neutralidade ou alcalinidade de uma solução.

Este estudo teve por objetivo verificar as alterações qualitativas da água da chuva, causadas pela interação com as plantas de macaúba (*Acrocomia aculeata*), através dos parâmetros condutividade elétrica, turbidez e pH.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Área de estudo

Os dados desta pesquisa foram coletados na Fazenda Experimental da Universidade Federal de Viçosa (UFV), localizada no município de Araponga, MG.

A Fazenda Experimental situa-se entre as coordenadas 20° 40'S e 42° 31' O, com altitude de 885 metros. Segundo Costa e Silva, (2008), baseado no modelo proposto por Koppen, o clima da região é classificado como Cwb, caracterizado como subtropical/tropical de altitude, com inverno seco e verão quente, temperatura variando, durante o ano, entre 3° e 28° e com solo classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico. As médias anuais de precipitação variam entre 1.300 e 1.500 mm.

2.2. Plantio das mudas de macaúba

As mudas tinham um ano de idade no período de plantio, o qual foi realizado em fevereiro de 2009, em covas, no espaçamento de 5X5 metros, em área de 1,7 ha (680 plantas). Nesta área, no período de agosto de 2012 a setembro de 2013 foi realizado o monitoramento dos parâmetros hidrológicos para atender aos objetivos deste trabalho.

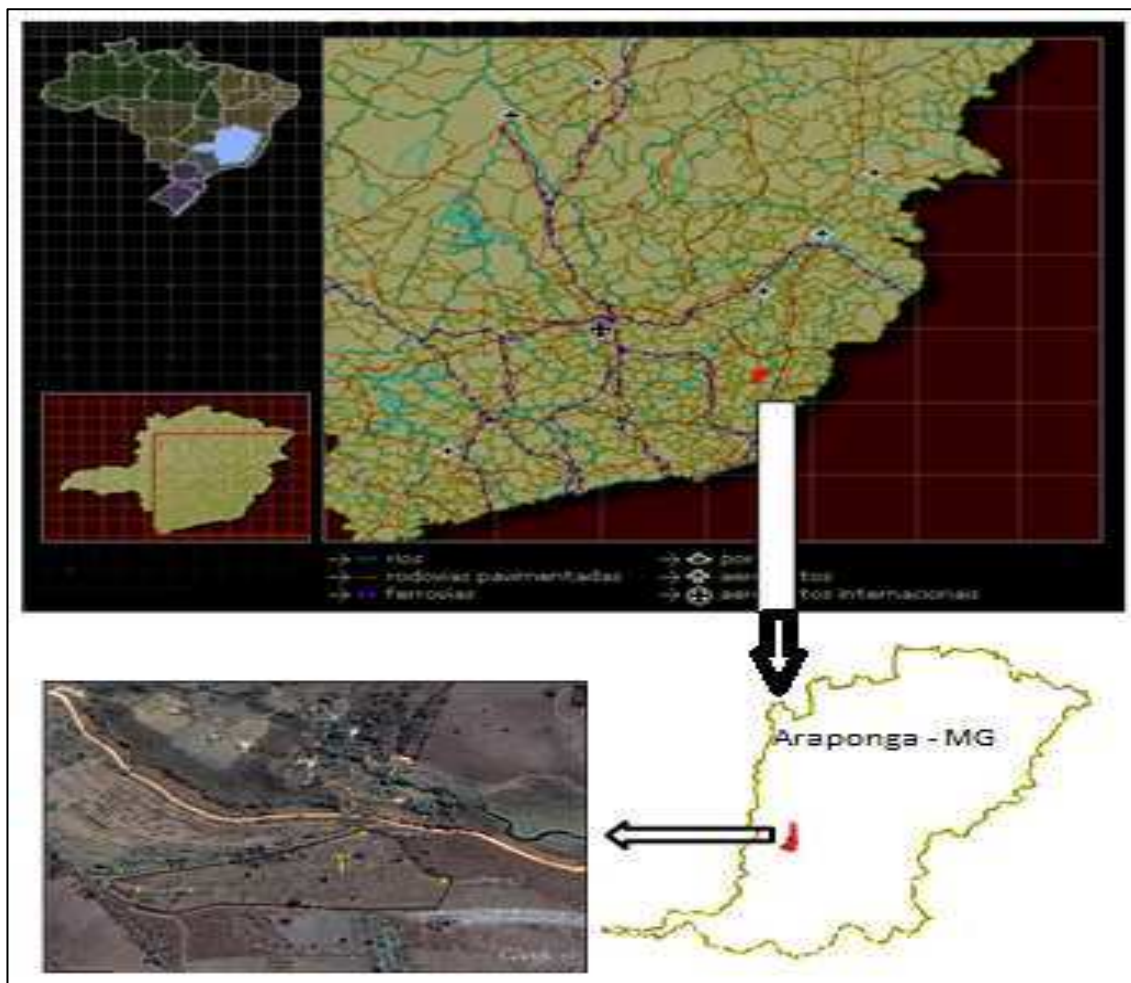


Figura 1: Localização da Fazenda Experimental da UFV, no município de Araponga, MG. Fonte: Adaptado de IBGE (2007) e Google Earth – 2011.

2.3. Metodologia

A figura 2 apresenta detalhes da localização dos pluviômetros na área de plantio das macaúbas na Fazenda Experimental da UFV em Araponga, Minas Gerais.



Figura 2: Área plantada com macaúba e pluviômetros instalados. Fonte: Adaptado de Google Earth – 2011

2.2.1 Precipitação em aberto e interna

A precipitação de chuva foi monitorada por meio de pluviômetros confeccionados com canos de PVC, tendo abertura com diâmetro de 14,4 cm e, conseqüentemente, uma área de exposição e coleta de 162,86 cm², sendo fixados de modo que a área de coleta ficasse a 1,50 metros do solo.

Para o monitoramento da precipitação em aberto, foram utilizados quatro (4) pluviômetros, posicionados no entorno da área plantada. Para a precipitação interna foram utilizados, também, quatro (4) pluviômetros, sendo dois (2) localizados nas entrelinhas e dois (2) nas linhas de plantio, representados na Figura 2 pelos pontos amarelos no centro da área plantada e apresentados em detalhe na Figura 3.



Figura 3: Vista interna do plantio de macaúba e dos pluviômetros para medição da precipitação interna, Fazenda Experimental da UFV, município de Araponga, MG.

As leituras foram realizadas, diariamente, entre 7:00 e 8:00 horas da manhã, os dados digitalizados para posterior tabulação e análise, permitindo, assim, resumos diários, mensais e anuais das chuvas.

Tanto para a precipitação em aberto, quanto para a precipitação interna, o volume precipitado foi quantificado em mililitros para cada um dos eventos chuvosos e transformado em milímetros de chuva pela equação: $P \text{ (mm)} = V \text{ (l)} / A \text{ (m}^2\text{)}$, sendo: P = precipitação em mm; V = Volume em litros e A = área do pluviômetro em m².

2.2.2. Escoamento pelo tronco

Para o monitoramento do escoamento de água da chuva pelo tronco das plantas de macaúba, foram instalados coletores em 4 plantas localizadas na bordadura do plantio. Antes da instalação dos coletores procedeu-se a retirada dos espinhos existentes nos caules das plantas. Os coletores foram produzidos com pneus usados de motocicleta. Para isso, os pneus foram cortados ao meio, retirada toda a borracha em um dos lados, por toda sua extensão e fixados ao caule em forma de espiral. Para eliminação de gretas entre o caule e o coletor foi utilizado silicone gel e espuma de poliuretano. Cada coletor foi ligado a dois galões de 25 (vinte e cinco) litros, através de mangueira flexível de 2 (duas) polegadas (Figura 4).

O volume de água escoado pelo tronco foi obtido em litros (l), sendo convertido para milímetros de coluna d'água (mm). Para isso foi necessário estabelecer a área de coleta, considerada, neste estudo, como a projeção da copa da planta, estabelecendo o limite da folha no ponto, a partir do qual, a água se desloca no sentido do caule. Obtidos volume em litros (l) e área de coleta em metros quadrados (m²), calcula-se o valor em milímetros (mm) pela equação: $P (mm) = \frac{V(l)}{A(m^2)}$ sendo: P = precipitação em milímetros (mm); V = volume em litros (l); A = área de coleta em metros quadrados (m²).



Figura 4: Coletor de água de escoamento sendo montado (A), Coletor com mangueira e galões (B). Fazenda Experimental da UFV, município de Araponga, MG.

2.2.3. Análises em laboratório

As amostras para análises laboratoriais foram coletadas em garrafas escuras de polietileno de 500 ml. Após cada chuva, no dia seguinte, entre 7:00 e 8:00 horas eram coletadas as amostras dos 4 pluviômetros em aberto, dos 4 pluviômetros internos à plantação e dos 4 coletores de escoamento pelo tronco. As amostras foram levadas ao laboratório e imediatamente analisadas. O pH das amostras foi analisado através de pHmetro marca Digimed, modelo DM-2P, os testes de turbidez através de turbidímetro marca Digimed, modelo TM-TU, e a condutividade elétrica das amostras foi realizada com uso de condutivímetro marca Digimed, modelo DM-3P, no Laboratório de Hidrologia do Departamento de Engenharia Florestal da UFV.

As médias dos parâmetros avaliados foram comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de significância, através do programa computacional SISVAR (FERREIRA, 2011).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As amostras utilizadas nesse estudo foram obtidas de 19 eventos de chuva que ocasionaram precipitação interna (PI) e escoamento pelo tronco (ET), ocorridos no período de outubro de 2012 a abril de 2014. Os eventos de chuva variaram de um valor mínimo de 4,5 mm a um máximo de 65,1 mm.

Os resultados deste estudo apresentam valores de condutividade elétrica para precipitação em aberto (PA) e precipitação interna (PI) muito próximos, enquanto que os valores para escoamento pelo tronco (ET) são de 4 até 9 vezes maiores que aqueles observados nas amostras de PA e PI (Tabela 1).

Existe forte influência do maior ou menor período de estiagem que antecede à chuva que irá compor a amostra, nos valores de condutividade elétrica, tanto para PA quanto para PI e ET. Esta afirmativa é confirmada pelos valores de condutividade encontrados nas amostras coletadas após 12, 15 e 18 dias de estiagem (Tabela 1). Nesse caso, o aumento da condutividade elétrica pode ser explicado pelo aumento da concentração de partículas atmosféricas e sua deposição na copa das plantas, conforme afirmam Souza et. al (2007) e, à lixiviação da solução do apoplasto através dos estômatos e outras aberturas da epiderme foliar e do caule, conforme afirmam Peres-Marín & Menezes (2008). No caso do escoamento pelo tronco, a planta de macaúba contribui com a liberação de íons na água, mesmo quando ocorrem chuvas nos dias anteriores à coleta da amostra, já que, os valores de condutividade elétrica para o

escoamento pelo tronco são sempre maiores que aqueles de precipitação em aberto e precipitação interna (Tabela 1).

Tabela 1: Valores médios de Condutividade, pH e Turbidez, por evento de chuva, obtidos de análises de água de precipitação em aberto, precipitação interna e escoamento pelo tronco em macaúba. Araçuaia, MG, out/2013 a abril/2014.

PA (mm)	CE ⁻ (µs/cm - 25°C)			pH			Turbidez (NTU)			Chuva antecedente
	PA	PI	ET	PA	PI	ET	PA	PI	Et	
13,0	16,0	16,9	93,6	6,55	6,59	6,53	3,28	4,38	7,33	01 dia
28,9	23,4	25,7	100,8	5,60	5,95	6,60	2,50	2,55	4,98	01 dia
9,00	7,8	8,0	64,9	5,63	5,54	6,35	1,88	2,13	3,28	01 dia
35,1	10,0	12,2	52,2	6,40	6,48	6,53	4,18	4,50	6,60	01 dia
11,3	8,1	8,2	71,5	6,39	6,27	6,45	2,83	3,43	5,73	01 dia
18,7	11,4	12,0	84,3	7,67	6,45	6,78	4,03	3,41	7,40	01 dia
7,40	13,0	13,9	96,7	6,48	6,50	6,62	5,68	6,13	17,93	02 dias
6,50	12,6	11,5	70,6	6,57	6,49	6,53	3,50	4,00	6,98	02 dias
65,1	7,8	8,3	75,9	7,17	7,75	7,21	2,89	3,23	4,60	02 dias
9,60	19,6	16,9	91,8	7,07	6,97	6,89	3,88	3,88	8,75	03 dias
35,7	14,8	16,3	72,9	6,49	6,33	6,44	4,95	5,78	13,38	04 dias
4,50	15,5	16,0	131,6	7,10	6,81	6,54	7,15	8,90	22,50	08 dias
17,0	22,2	20,3	158,6	6,59	6,26	6,51	2,45	2,68	4,80	08 dias
14,2	26,2	24,8	96,4	8,37	7,27	6,36	6,35	6,85	25,18	09 dias
34,0	16,5	16,2	73,6	6,40	6,05	6,40	8,08	9,33	21,52	09 dias
14,2	15,4	15,2	70,5	7,01	6,61	6,94	5,95	6,83	19,73	09 dias
13,0	21,3	21,9	159,2	5,83	5,12	6,37	6,30	5,62	8,78	12 dias
41,4	37,6	39,7	203,2	7,05	7,00	7,11	8,08	9,63	28,33	15 dias
10,8	51,4	53,8	244,6	6,33	6,10	7,17	5,03	6,88	10,82	18 dias

Não há evidências nesses resultados da influência do período de estiagem nos valores de pH, tanto para precipitação em aberto quanto para precipitação interna e escoamento pelo tronco.

Quanto ao parâmetro turbidez, os valores para precipitação em aberto e precipitação interna são muito próximos, sendo 1,5 a 3,7 vezes menores que os valores para escoamento pelo tronco. Este comportamento se assemelha àquele observado nos valores de condutividade elétrica, o que faz todo sentido, já que, segundo Lima & Barbin (1975), a turbidez é uma medida óptica das partículas em suspensão na água, ou seja, é uma medida da redução de transparência causada pela presença de materiais em suspensão, incluindo partículas orgânicas, inorgânicas e mesmo organismos vivos.

O parâmetro turbidez mostra-se sensível à ocorrência de período de estiagem antecedente ao evento de chuva que compõem a amostra de trabalho, ou seja, maior estiagem implica em maiores valores de turbidez, conforme se observa na Tabela 1,

quando se tem 9, 12, 15 e 18 dias de estiagem. Essa influência tem a mesma explicação apresentada quando esse efeito foi observado no aumento da condutividade elétrica.

As Figuras 5, 6 e 7 apresentam as curvas de condutividade, pH e turbidez, respectivamente, para precipitação em aberto, precipitação interna e escoamento pelo tronco, destacando os maiores valores de condutividade elétrica nas amostras de escoamento pelo tronco (Figura 5); a proximidade dos valores de pH entre as amostras de precipitação em aberto, precipitação interna e escoamento pelo tronco (Figura 6); e os valores mais elevados de turbidez na água de escoamento pelo tronco (Figura 7).

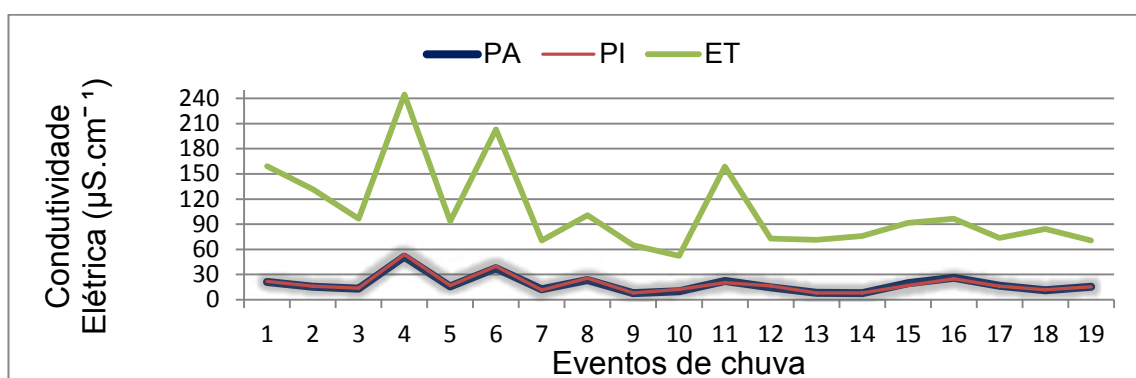


Figura 5: Condutividade Elétrica ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$) p/ Precipitação em aberto (PA), Precipitação interna (PI) e Escoamento pelo tronco (ET) na cultura da macaúba.

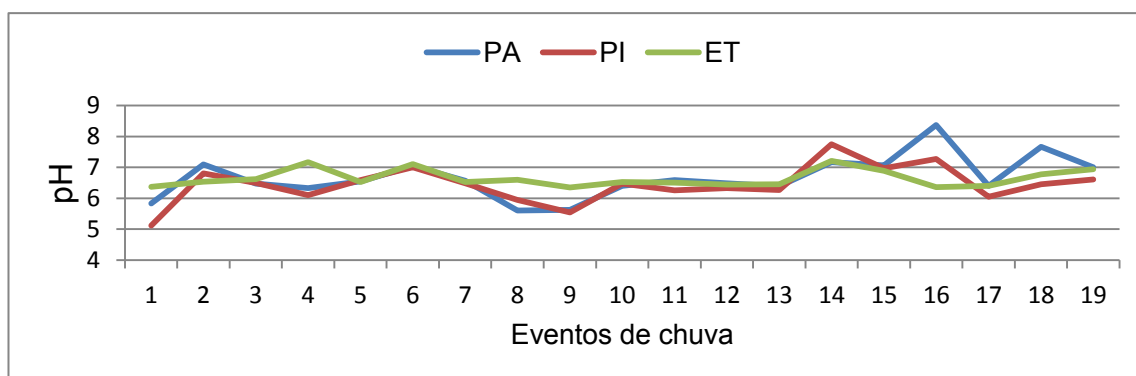


Figura 6: Valores de pH para Precipitação em aberto (PA), Precipitação interna (PI) e Escoamento pelo tronco (ET) na cultura da macaúba.

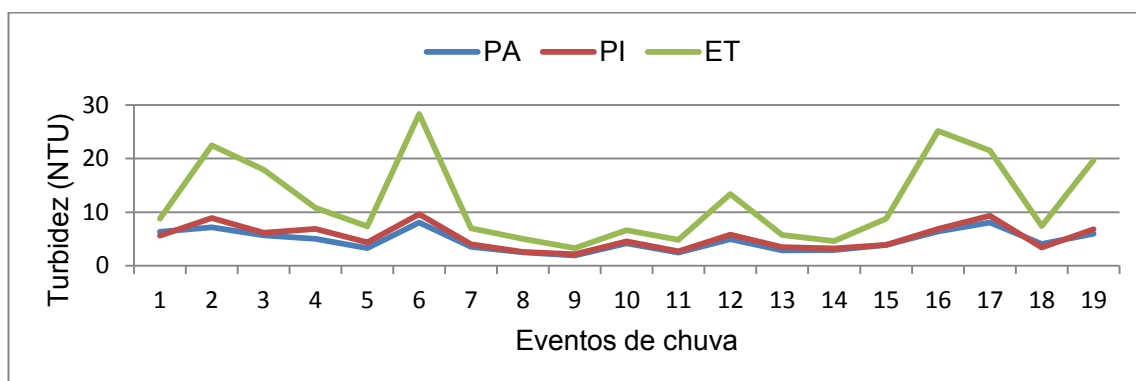


Figura 7: Valores de Turbidez (NTU) para Precipitação em aberto (PA), Precipitação interna (PI) e Escoamento pelo tronco (ET) na cultura da macaúba.

As médias de todos os 19 eventos de precipitação em aberto, precipitação interna e escoamento pelo tronco, analisadas quanto à condutividade elétrica, pH e turbidez foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Com relação à condutividade elétrica as médias de precipitação em aberto e precipitação interna não se diferem estatisticamente, enquanto que as médias de escoamento pelo tronco se diferem estatisticamente de PA e de PI (Tabela 2). No que diz respeito ao pH, em 14 dos 19 eventos de chuva estudados não existe diferença significativa entre os valores de precipitação em aberto, precipitação interna e escoamento pelo tronco, sendo que nos demais 5 eventos analisados, apesar de existir diferença estatística significativa, os valores são muito próximos.

Tabela 2: Comparação dos aspectos qualitativos entre precipitação em aberto (PA), precipitação interna (PI) e escoamento pelo tronco (ET) em cultura de macaúba. As médias, nas colunas, seguidas pela mesma cor não se diferem significativamente pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

	CONDUTIVIDADE ELÉTRICA ($\mu\text{s}/\text{cm}$)																		
PA	21,3	15,5	13,0	51,4	16,0	37,6	12,6	23,4	7,8	10,0	22,2	14,8	8,1	7,8	19,6	26,2	16,5	11,4	15,4
PI	21,9	16,0	13,9	53,8	16,9	39,7	11,5	25,7	8,0	12,2	20,3	16,3	8,2	8,3	16,9	24,8	16,2	12,0	15,2
ET	159,2	131,6	96,7	244,6	93,6	203,2	70,6	100,8	64,9	52,2	158,6	72,9	71,5	75,9	91,8	96,4	73,6	84,3	70,5

	pH																		
PA	5,83	7,10	6,48	6,33	6,55	7,05	6,57	5,60	5,63	6,40	6,59	6,49	6,39	7,17	7,07	8,37	6,40	7,67	7,01
PI	5,12	6,81	6,50	6,10	6,59	7,00	6,49	5,95	5,54	6,48	6,26	6,33	6,27	7,75	6,97	7,27	6,05	6,45	6,61
ET	6,37	6,54	6,62	7,17	6,53	7,11	6,53	6,60	6,35	6,53	6,51	6,44	6,45	7,21	6,89	6,36	6,40	6,78	6,94

	TURBIDEZ (NTU)																		
PA	6,30	7,15	5,68	5,03	3,28	8,08	3,50	2,50	1,88	4,18	2,45	4,95	2,83	2,89	3,88	6,35	8,08	4,03	5,95
PI	5,62	8,90	6,13	6,88	4,38	9,63	4,00	2,55	2,13	4,50	2,68	5,78	3,43	3,23	3,88	6,85	9,33	3,41	6,83
ET	8,78	22,50	17,93	10,82	7,33	28,33	6,98	4,98	3,28	6,60	4,80	13,38	5,73	4,60	8,75	25,18	21,52	7,40	19,73

O resultado da análise estatística para turbidez se assemelha àquele obtido para condutividade elétrica, exceto pelo fato de que em 4 dos 19 eventos de chuva não houve diferença significativa entre as médias de precipitação em aberto, precipitação interna e escoamento pelo tronco.

A média final de todos os eventos, o desvio-padrão (S) e os valores de máximo e mínimo para condutividade elétrica, pH e turbidez são apresentados na Tabela 3. Os valores de precipitação em aberto (PA) e precipitação interna (PI), para todos os parâmetros estudados (condutividade, pH e turbidez), são próximos pela média, pelo

desvio padrão e, também, pelos valores de máximo e mínimo. Esse resultado pode ser justificado pelo fato de que ocorre pouca interação da água da chuva com as plantas na precipitação interna, pois durante esse estudo as plantas tinham entre 3,5 e 4,5 anos de idade, não tendo atingido seu desenvolvimento completo, além do fato de que as plantas da família *Arecaceae* (palmeiras), por suas características morfológicas, apresentam copa pouco fechada.

O valor médio de condutividade elétrica de $105,9 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ da água de escoamento pelo tronco (Tabela 3) expressa a alteração promovida pelas plantas de macaúba na qualidade da água. Lima & Barbin (1975) encontraram valores de condutividade elétrica em água de escoamento pelo tronco de *Eucalyptus* e *Pinus* de $75,8$ e $29,1 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$, respectivamente, destacando ambos como significativos. Assim, pode-se inferir que apesar do parâmetro condutividade elétrica não explicitar quais íons estão presentes na solução, a interação da água da chuva com as plantas de macaúba contribui para a ciclagem de nutrientes.

Tabela 3: Valores Médios, Desvio Padrão (S) e valores máximos e mínimos de Condutividade, pH e Turbidez, obtidos nas análises da água de precipitação em aberto (PA), Precipitação Interna (PI) e de Escoamento pelo Tronco (ET) na cultura da macaúba em 19 eventos de chuva, Fazenda Experimental da UFV, Araponga, MG. Eventos ocorridos de outubro/2013 a abril/2014.

	CE ⁻ ($\mu\text{S}/\text{cm}$ - a 25°C)			pH			Turbidez (NTU)		
	PA	PI	ET	PA	PI	ET	PA	PI	Et
Média(*)	18,5	18,8	105,9	6,7	6,4	6,6	4,7	5,3	12,0
S	10,86	11,32	51,25	0,67	0,59	0,28	1,92	2,32	7,92
Mínimo	7,8	8,0	70,5	5,60	5,12	6,36	1,88	2,13	3,28
Máximo	51,0	53,8	244,6	7,67	7,75	7,21	8,08	9,63	25,18

Média(*) – Representa valor médio de 4 repetições e 19 medições realizadas de outubro de 2013 a abril de 2014.

Verifica-se que o povoamento de macaúba não causou alteração no pH da água da chuva que passou pela copa e pelo tronco das plantas (Tabela 3), no entanto, pode ser destacado o menor desvio padrão nos valores de pH da água de escoamento pelo tronco, fazendo supor que os íons liberados pelas plantas acrescentam à solução um poder tampão.

O limite máximo de turbidez permitido para a água potável é 5 NTU (LIMA & BARBIN, 1975). As análises da água de precipitação em aberto e precipitação interna na cultura da macaúba apresentam valores em torno deste limite, 4,7 e 5,3 NTU, respectivamente. No entanto, o valor de 12 NTU encontrado na água de escoamento

pelo tronco indica que o povoamento de macaúba promoveu alteração na qualidade da água, com base nesse parâmetro (Tabela 3).

4. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos permitem afirmar que existe uma intensa interação entre a água da chuva e o caule da macaúba e que, desta forma, as plantas promovem alteração na qualidade da água. Isto é demonstrado pelos elevados valores de condutividade elétrica e turbidez encontrados na água de escoamento pelo tronco, quando comparados com aqueles encontrados nas águas de precipitação em aberto e precipitação interna.

Para todos os parâmetros estudados (condutividade, pH e turbidez) os valores encontrados nas águas de precipitação em aberto e precipitação interna não se diferem estatisticamente devido à pouca interação da água da chuva com a copa das plantas, pouco fechadas.

Os resultados ainda expressam que a ocorrência de um período de estiagem antecedente à chuva amostrada exerce grande influência nos valores de condutividade elétrica e turbidez.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CETESB. Variáveis de qualidade das águas. Disponível em: <<http://www.cetesb.org.br>>. Acesso em: 20 de abril de 2012.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. *Ciência e Agrotecnologia*, v.35, p.1039-1042, 2011.

LIMA, W. P. & BARBIN, D. Efeito de plantações de Eucalyptus e Pinus sobre a qualidade da água. *IPEF* n.11, p.23-25, 1975.

OKI, V. K. Impactos da colheita de Pinus taeda sobre o balanço hídrico, a qualidade da água e a ciclagem de nutrientes em microbacias. 2002. 85f. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiróz, Piracicaba, 2002.

PEREZ-MARIN, A. M. & MENEZES, R. S. C. Ciclagem de nutrientes via precipitação pluvial total, interna e escoamento pelo tronco em sistema agroflorestal com *Gliricídia sepium*. *R. Bras. Ci. Solo*, 32:2573-2579,2008.

SAMPAIO, E. V. S. B.; SALCEDO, I. H. & SILVA, F. B. R. Fertilidade de solos do semiárido do Nordeste. In: *Reunião Brasileira de Fertilidade dos Solos e Nutrição de Plantas*, 21., 1995, Petrolina. Embrapa –CPTSA/SBCS, 1995. P. 51-71.

V. CONCLUSÃO GERAL

Pode-se afirmar que por suas características morfológicas a macaúba favorece positivamente alguns processos do ciclo hidrológico. Valor elevado de precipitação efetiva ocorre nessa cultura devido ao direcionamento para o caule, da água interceptada, favorecendo o escoamento pelo tronco. Considerando que essa água chega ao solo com menor energia cinética, tem-se maior volume de água a infiltrar no solo, carregando o lençol freático, e menor volume escoando superficialmente, minimizando processos erosivos.