

## Uso da terra na bacia hidrográfica do Rio Cabaçal e estimativa do coeficiente de escoamento superficial

As bacias hidrográficas são áreas delimitadas por divisores de águas contendo um sistema de drenagem composto de nascentes e cursos de águas principais e secundários. Quando estas são ocupadas sem planejamento, geram inúmeras consequências, como por exemplo, a exploração dos recursos naturais, aumento do desmatamento, ocupações urbanas em áreas inadequadas, dentre outros. Essas práticas aceleram os processos de degradação ambiental das bacias hidrográficas, comprometendo também a qualidade e quantidade dos recursos hídricos disponíveis. A presente pesquisa teve como objetivo realizar avaliações da evolução do uso e cobertura do solo e a estimativa no impacto do coeficiente de escoamento superficial médio no período de 1985 a 2020 na bacia hidrográfica do Rio Cabaçal. Para a realização da pesquisa a bacia hidrográfica foi delimitada utilizando o Modelo Digital de Elevação (MDE) e a ferramenta Watershed do QGIS, e, em seguida, foi feita a classificação do uso e cobertura do solo para os anos de 1985, 2000, 2010 e 2020 utilizando imagens dos sensores TM/Landsat 5 e OLI/Landsat 8. A estimativa do coeficiente de escoamento superficial médio foi feita utilizando o mapa de pedologia, de uso e cobertura do solo e de declividade. A área de floresta reduziu 59% de 1985 para 2020, enquanto que as áreas de pastagem e de solo cultivado aumentaram 81% e 48%, respectivamente. O coeficiente médio de escoamento superficial aumentou aproximadamente 5% no período estudado, mostrando que a redução das áreas de florestas não causou elevado impacto no coeficiente médio de escoamento superficial.

**Palavras-chave:** Recurso Hídrico; Uso do solo; Desmatamento.

## Land use in the Cabaçal River watershed and estimated on the runoff coefficient

Hydrographic basins are areas delimited by watersheds containing a drainage system composed of springs and main and secondary watercourses. When these are occupied without planning, they generate numerous consequences, such as the exploitation of natural resources, increased deforestation, urban occupations in inadequate areas, among others. These practices accelerate the processes of environmental degradation in hydrographic basins, also compromising the quality and quantity of available water resources. This research aimed to carry out evaluations of the evolution of land use and land cover and estimate the impact of the mean runoff coefficient in the period from 1985 to 2020 in the Cabaçal River watershed. To carry out the research, the basin was delimited using the Digital Elevation Model (DEM) and the QGIS Watershed tool, and then the classification of land use and land cover for the years 1985, 2000, 2010 and 2020 using images from the TM/Landsat 5 and OLI/Landsat 8 sensors. The estimate of the mean runoff coefficient was made using the pedology, land use and land cover and slope maps. Forest area reduced 59% from 1985 to 2020, while pasture and cultivated land areas increased by 81% and 48%, respectively. The mean runoff coefficient increased approximately 5% in the period studied, showing that the reduction of forest areas did not have a high impact on the mean runoff coefficient.

**Keywords:** Water resource; Use of the soil; Deforestation.

Topic: **Desenvolvimento, Sustentabilidade e Meio Ambiente**


Received: **24/11/2021**

Approved: **25/12/2021**

Reviewed anonymously in the process of blind peer.

**Karine Marreiro Soares** 

Universidade do Estado de Mato Grosso, Brasil  
<http://lattes.cnpq.br/7137742934287820>  
<http://orcid.org/0000-0002-6199-0517>  
[karinemarreiro@hotmail.com](mailto:karinemarreiro@hotmail.com)

**Barbara Bessa Silva Oliveira** 

Universidade do Estado de Mato Grosso, Brasil  
<http://lattes.cnpq.br/8516892884916117>  
<http://orcid.org/0000-0001-9210-9203>  
[barbarabessaeng@hotmail.com](mailto:barbarabessaeng@hotmail.com)

**Allison Cordeiro Bessa de Oliveira** 

Universidade do Estado de Mato Grosso, Brasil  
<http://lattes.cnpq.br/7699554701138281>  
<http://orcid.org/0000-0002-5757-9215>  
[allison\\_cbo@hotmail.com](mailto:allison_cbo@hotmail.com)

**Tadeu Miranda de Queiroz** 

Universidade do Estado de Mato Grosso, Brasil  
<http://lattes.cnpq.br/2582121765769124>  
<http://orcid.org/0000-0002-1959-7658>  
[tdmqueiroz@unemat.br](mailto:tdmqueiroz@unemat.br)



DOI: 10.6008/CBPC2179-6858.2021.012.0023

### Referencing this:

SOARES, K. M.; OLIVEIRA, B. B. S.; OLIVEIRA, A. C. B.; QUEIROZ, T. M..  
Uso da terra na bacia hidrográfica do Rio Cabaçal e estimativa do  
coeficiente de escoamento superficial. **Revista Ibero Americana de  
Ciências Ambientais**, v.12, n.12, p.221-233, 2021. DOI:  
<http://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2021.012.0023>

## INTRODUÇÃO

A bacia hidrográfica pode ser definida como o conjunto de terras delimitadas por divisores de águas contendo um sistema de drenagem composto de nascentes e cursos de água principais e secundários, denominados afluentes e subafluentes, que drenam a água para um único ponto de saída denominado exutório (TARGA, 2012). E pode ser considerada como um sistema físico, onde a entrada é o volume de água precipitado, e a saída é o volume de água escoado pelo seu exutório, levando em consideração, como perdas intermediárias, os volumes evaporados e transpirados e ainda os infiltrados para as camadas mais profundas do solo (ALVES et al., 2014).

A ocupação das bacias hidrográficas sem planejamento, assim como a expansão da agropecuária, gera inúmeras consequências, como por exemplo, a exploração dos recursos naturais, aumento do desmatamento, ocupações urbanas em áreas inadequadas, dentre outros. Tais consequências associadas às características físicas do ambiente podem acelerar os processos de degradação ambiental das áreas, que podem ocorrer principalmente quando as atividades agropecuárias são executadas em solos com baixa aptidão, acelerando a degradação, comprometendo também a qualidade dos recursos hídricos (COSTA et al., 2018).

Os recursos hídricos vêm sofrendo com a insistente destruição da sua qualidade e a diminuição de suas quantidades, assim, obtendo diversos reflexos como as mudanças climáticas e a poluição, o que traz inúmeros conflitos sociais e econômicos, doenças e limitação do acesso à água potável. Com isso, a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) – Lei nº9433/1997 se mostrou um instrumento atual e moderno ao oferecer uma gestão de forma descentralizada e com a atuação do poder público, bem como dos usuários, no que diz respeito ao gerenciamento da água.

A PNRH estabelece os usos múltiplos da água e define a Bacia Hidrográfica como uma área territorial para sua gestão. Dessa forma, o monitoramento constante dos recursos hídricos da bacia hidrográfica é importante para estimar os fenômenos hidrológicos e suas utilizações. Com um estudo adequado de dados do monitoramento dos recursos hídricos referente a uma bacia hidrográfica, é possível propor uma ocupação do solo adequada ao potencial da área, assim se tornando uma ferramenta de manejo sustentável do recurso hídrico (CARVALHO, 2020).

O uso e ocupação do solo é um dos fatores de fundamental importância no processo de gestão dos recursos hídricos, que influencia significativamente nas vazões de contribuição das bacias hidrográficas, pois sua alteração, principalmente nas áreas de matas ciliares ou zonas ripárias, leva a redução da disponibilidade hídrica da bacia. As zonas ripárias são áreas de saturação hídrica da microbacia, encontradas principalmente ao longo das margens e nas cabeceiras da rede de drenagem e são eficazes para barrar sedimentos e nutrientes provenientes do escoamento superficial, que advêm da montante para as áreas mais baixas (BRAZ et al., 2020).

Por outro lado, a degradação das matas ciliares em rios brasileiros é considerada um dos grandes problemas ambientais no Brasil, e a retirada da cobertura vegetal, seja para atividades agropecuárias ou atividades madeireiras, aumenta as áreas de solo exposto que, por sua vez, leva ao aumento do

escoamento superficial provocado pelas precipitações, potencializando os processos erosivos no solo e deposição de sedimento no leito dos rios (GUARDIMAN JUNIOR et al., 2012). O coeficiente de escoamento é definido como a razão do volume de água escoada superficialmente durante a chuva pelo volume total de precipitação durante certo período (BEDIENT et al., 2013).

O aumento do escoamento superficial é resultado da impermeabilização dos solos de uma bacia hidrográfica, que gera alterações no balanço de infiltração e escoamento, aumentando o fluxo de água superficial incorporando as impurezas, como sedimentos, matéria orgânica e microrganismos, que se direcionam aos rios, provocando erosão do solo e alteração nas características físico-químicas da água (CAJAZEIRO, 2012). De acordo com a EPA (1998), após a retirada entre 75 e 100% da cobertura vegetal para urbanização, o escoamento superficial chega a 55%, o que gera maior propensão a inundações, enquanto o escoamento superficial poderia ser de 10%, caso a superfície impermeabilizada fosse entre 0 e 10%.

O coeficiente de escoamento superficial é empregado no mundo todo para estimativa de vazões de pico e de projeto em planejamentos de obras hidráulicas. O modelo mais simples e usual é o da Fórmula Racional, pelo qual se determina a vazão de uma bacia hidrográfica considerando a área de contribuição, a intensidade da precipitação e o coeficiente de escoamento superficial. Esse coeficiente pode ser obtido em tabelas (CRUCIANE, 1987) ou estimado em função de parâmetros da bacia de contribuição (GAROTTI et al., 2010). Há na literatura muitos estudos atuais para áreas urbanas (RIBEIRO et al., 2019; SILVEIRA et al., 2018; MORUZZI et al., 2014), provavelmente por causa dos recorrentes casos de inundação e alagamento nas cidades e para áreas rurais devido às mudanças de uso e ocupação da terra (ANDRADE et al., 2018; NUNES et al., 2011), entre outros.

Todavia, com a popularização das ferramentas de geoprocessamento e disponibilização de imagens de satélite, é possível delimitar uma bacia hidrográfica, classificar e quantificar os tipos de solo, a declividade e a cobertura do solo. De posse desses dados pode-se fazer uma estimativa do coeficiente de escoamento superficial de uma bacia hidrográfica.

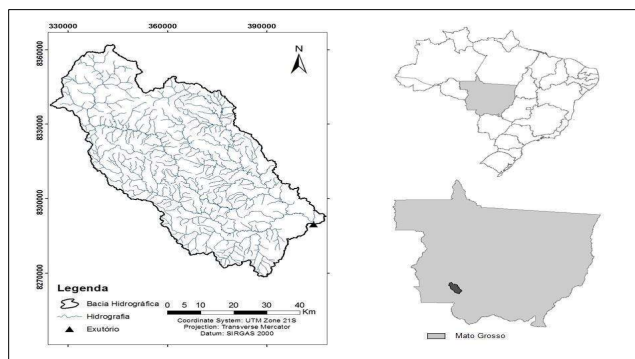
Neste contexto, a presente pesquisa tem como objetivo realizar avaliações da evolução do uso e cobertura do solo e a variação do coeficiente de escoamento superficial médio ponderado no período de 1985 a 2020 na bacia hidrográfica do Rio Cabaçal, estado de Mato Grosso-Brasil.

## **METODOLOGIA**

A pesquisa foi realizada na bacia hidrográfica do Rio Cabaçal (Figura 1), que abrange os municípios de Araputanga, Reserva do Cabaçal, Salto do Céu, Rio Branco, São José dos Quatro Marcos, Lambari D'Oeste e Mirassol D'Oeste, no estado de Mato Grosso, Brasil.

A bacia hidrográfica do Rio Cabaçal (BHRC) possui área de 3595 km<sup>2</sup> cuja nascente principal está situada no município de Reserva do Cabaçal e o exutório no rio Paraguai, que por sua vez é um dos formadores do Pantanal e da bacia Cisplatina. O clima predominante na área de estudo é do tipo tropical úmido ou sumido (ALVARES et al., 2013), com, 4 meses de seca, de junho a setembro, precipitação média anual de 1.500 mm, com intensidade máxima em dezembro, janeiro e fevereiro e temperatura média anual

de 24° C. A região da área de estudo possui relevos dos tipos plano e suave ondulado, os quais ocorrem tipicamente em unidades geomorfológicas do tipo Depressão do Alto Paraguai, Chapada dos Parecis, Planalto dos Parecis e Pantanais Mato-grossenses (IBGE, 2006). Quanto aos tipos de solos, é composto em sua maior parte por Argissolos, seguido por Latossolos e Neossolos Quartzarênicos (CARVALHO et al., 2014).



**Figura 1:** Localização, delimitação e rede de drenagem da bacia hidrográfica do Rio Cabaçal superior à montante da estação fluviométrica 66064000 (Estrada MT-125).

A pesquisa foi realizada em três etapas: na primeira realizou-se a delimitação da bacia hidrográfica; na segunda foi feita a análise da evolução do uso e cobertura do solo, e na última foi estimado o coeficiente médio ponderado de escoamento superficial da bacia. Para o desenvolvimento da pesquisa, foi necessário construir um banco de dados digitais georreferenciados (Tabela 1), os quais foram manipulados no software de SIG livre, o QGIS (versão 3.20 lançada em 2021).

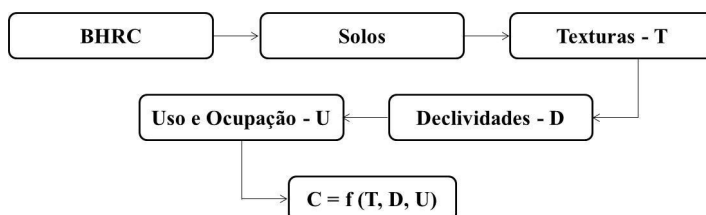
**Tabela 1:** Base de dados digitais utilizados para delimitação da bacia hidrográfica do Rio Cabaçal superior, rede de drenagem e uso e cobertura do solo.

Dado base	Formato	Fonte
Imagens TM/Landsat 5 dos anos de 1985, 2000 e 2010.	Raster	USGS - United States Geological Survey
Imagens multiespectrais OLI/Landsat 8 do ano de 2020	Raster	USGS - United States Geological Survey
Modelo Digital de Elevação	Raster	USGS - United States Geological Survey
Hidrografia	Vetorial	INTERMAT
Mapa de pedologia	Vetorial	EMBRAPA

Na delimitação da Bacia Hidrográfica foi utilizada a imagem do Modelo Digital de Elevação (MDE), disponível no site do Serviço Geológico dos Estados Unidos (United States Geological Survey - USGS). O MDE apresenta possíveis falhas de preenchimento, as quais foram corrigidas utilizando a ferramenta fill sinks do software QGIS, em seguida, foi criada a direção de fluxo (flow direction), o fluxo acumulado (flow accumulation) e, finalmente, a bacia foi delimitada usando o ponto marcado como exutório (-15,4686 de Latitude e -57,8936 de Longitude) e os mapas de fluxos de direção e acumulado aplicando a função “Watershed”. Após a delimitação da bacia, foi determinada a declividade do terreno em porcentagem.

No mapeamento do uso e cobertura do solo foram utilizadas imagens do sensor TM Landsat 5 registradas nos anos de 1985, 2000 e 2010, e do sensor OLI landsat 8 registrada no ano de 2020. Todas as imagens são correspondentes ao mês de julho de cada ano analisado (período seco), devido à menor incidência de chuvas e maior visibilidade da superfície estudada. O processamento das imagens para a classificação temática do uso e cobertura do solo, bem como o cálculo das áreas das classes, foi feito utilizando o software QGIS.

Para a estimativa do coeficiente médio de escoamento superficial (C) utilizou-se os mapas de uso e cobertura do solo, declividade e pedologia, pois o coeficiente é fortemente dependente dessas características. De posse do mapa de solos foi feita uma aglutinação desses por textura considerando os tipos: arenosa, franca e argilosa (EMBRAPA, 2018), o que deu origem a um mapa com 3 tipos de solos. Para cada textura foi feita a classificação de declividade considerando 3 classes: 0-5%, 5-10% e 10-30% e para cada classe de declividade foi feita a classificação de uso e ocupação do solo (Figura 2). A classificação dos tipos de solo e de declividade foi feita apenas uma vez utilizando uma imagem do ano de 2000, considerando que essas características não sofreram alteração significativa no período de 1985 a 2020.



**Figura 2:** Fluxo de processamento de dados da BHRC para estimativa do coeficiente de escoamento.

Na estimativa do coeficiente médio de escoamento superficial da bacia hidrográfica para cada ano analisado (1985, 2000, 2010 e 2020) foram adotados os valores de coeficientes descritos na Tabela 3.

**Tabela 3:** Coeficiente de escoamento superficial para diferentes faixas de declividades, tipos solo e classe e cobertura do solo.

Declividade (%)	Solo Argiloso	Solo Arenoso	Solo Franco
	Floresta		
0 – 5	0,40	0,10	0,30
5 – 10	0,50	0,25	0,35
10 – 30	0,60	0,30	0,50
	Solo cultivado		
0 – 5	0,60	0,30	0,50
5 – 10	0,70	0,40	0,60
10 – 30	0,80	0,50	0,70
	Pastagem		
0 – 5	0,40	0,10	0,30
5 – 10	0,55	0,15	0,35
10 – 30	0,60	0,20	0,40

**Fonte:** Cruciani (1987).

Não há valor tabelado do coeficiente de escoamento para superfície de água. Por isso adotou-se o valor 1, ou seja, considerou-se que 100% da precipitação que se deposita sobre uma superfície de água na bacia hidrográfica é escoada para o exutório.

O C (Equação 1) para a BHRC foi calculado por meio da média ponderada, em detrimento da mesma possuir várias classes de uso do solo, declividade, e textura do solo, onde, para cada classe existe um coeficiente de escoamento superficial tabelado conforme a Literatura.

$$C = \frac{C_1A_1 + C_2A_2 + C_3A_3 \dots + C_nA_n}{A_1 + A_2 + A_3 \dots + A_n} \quad \text{Equação (1)}$$

Em que:

C = Coeficiente de escoamento superficial médio ponderado calculado para a área de estudo;

C<sub>n</sub> = Coeficiente de escoamento superficial de área específica dentro da área de estudo;

A<sub>n</sub> = Área (km<sup>2</sup>) relativa ao coeficiente C<sub>n</sub>.

Foi feita correlação entre o coeficiente de escoamento superficial estimado (em porcentagem) e a fração da área da BHRC ocupada por Floresta (em porcentagem). Para isso utilizou-se de ajuste de função linear com 3 graus de liberdade.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados serão apresentados por meio de mapas e tabelas. Na Figura 2a apresenta-se a distribuição de declividade da bacia e na Figura 2b apresentam-se as classes de textura do solo.

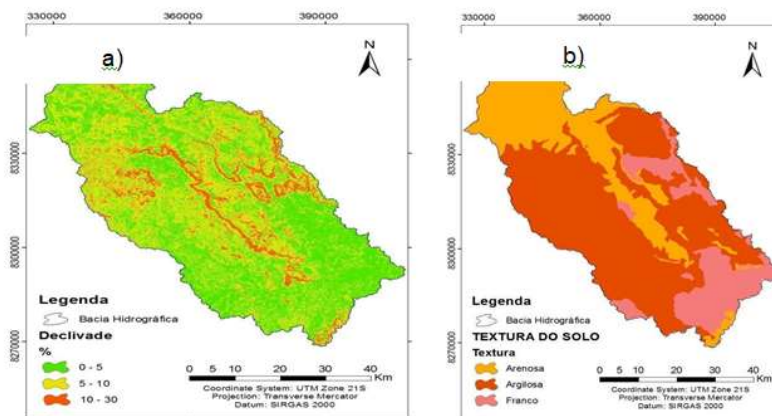


Figura 2: Mapa de declividade (a) e de textura do solo (b) da Bacia Hidrográfica do Rio Cabaçal, Mato Grosso-Brasil.

Na Figura 3 apresenta-se o resultado da classificação de uso e ocupação do solo para os anos de 1985, 2000, 2010 e 2020, onde se pode observar a distribuição e alteração espaço temporal das classes de uso e cobertura do solo na BHRC.

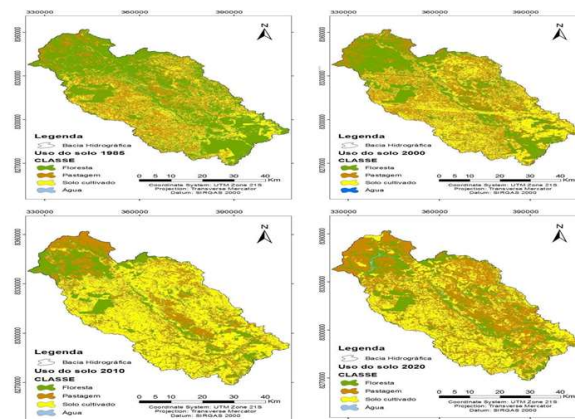


Figura 3: Mapas de uso e cobertura do solo para os anos de 1985, 2000, 2010 e 2020, da Bacia Hidrográfica do Rio Cabaçal, Mato Grosso-Brasil.

Os resultados da classificação do uso e cobertura do solo são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2: Evolução do uso e cobertura do solo para os anos de 1985, 2000, 2010 e 2020, da Bacia Hidrográfica do Rio Cabaçal, Mato Grosso-Brasil.

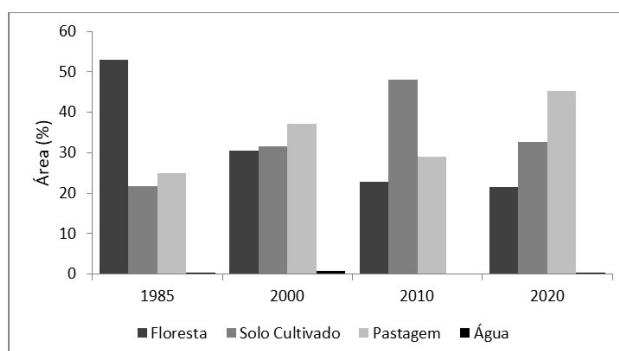
Classe	Área (km <sup>2</sup> )			
	1985	2000	2010	2020
Floresta	1887,14	1088,61	819,74	773,43
Agricultura	801,36	1148,48	1730,9	1182,48
Pastagem	892,74	1328,01	1039,24	1620,26
Água	13,83	29,97	5,19	18,9
<b>Total</b>	<b>3595,07</b>	<b>3595,07</b>	<b>3595,07</b>	<b>3595,07</b>

Na Tabela 4 apresentam-se os valores de área para cada tipo de uso e cobertura do solo (floresta, solo cultivado, pastagem e água) em diferentes faixas de declividade (0 a 5%, 5 a 10% e de 10 a 30%), para diferentes texturas do solo (solo argiloso, arenoso e franco).

**Tabela 4:** Área de Uso e ocupação do solo para diferentes texturas de solo, faixas de declividade e uso e cobertura do solo da Bacia Hidrográfica do Rio Cabaçal, Mato Grosso-Brasil.

Solo	Declividade (%)	Classe	Área (km <sup>2</sup> )			
			1985	2000	2010	2020
Argiloso	0 - 5	Floresta	307,22	113,45	116,41	111,20
		Solo cultivado	297,24	405,74	570,15	398,98
		Pastagem	315,79	395,97	234,33	410,36
		Água	1,09	6,19	0,55	0,86
	5 - 10	Floresta	346,99	156,76	126,29	128,88
		Solo cultivado	272,99	352,74	559,47	383,07
		Pastagem	316,44	422,67	251,30	424,80
		Água	0,70	4,92	0,12	0,40
	10 - 30	Floresta	107,83	75,07	65,67	75,73
		Solo cultivado	29,79	31,64	58,92	22,21
		Pastagem	19,48	50,26	36,42	60,04
		Água	3,83	3,95	0,12	2,98
Arenoso	0 - 5	Floresta	319,84	244,70	54,20	124,50
		Solo cultivado	19,73	47,88	206,85	78,33
		Pastagem	80,66	126,98	73,36	213,08
		Água	0,46	1,09	0,29	4,81
	5 - 10	Floresta	373,19	281,36	194,45	164,46
		Solo cultivado	31,95	64,53	105,99	70,21
		Pastagem	97,04	154,93	200,92	265,11
		Água	0,19	1,54	1,07	2,62
	10 - 30	Floresta	54,65	39,78	32,52	44,05
		Solo cultivado	6,54	8,99	17,76	3,70
		Pastagem	5,47	18,58	19,08	18,83
		Água	2,95	2,26	0,33	3,05
Franco	0 - 5	Floresta	227,02	93,94	174,66	54,27
		Solo cultivado	77,59	155,49	82,45	144,92
		Pastagem	29,55	83,29	162,41	135,30
		Água	0,47	1,90	1,24	0,17
	5 - 10	Floresta	132,34	69,80	39,25	45,75
		Solo cultivado	37,47	61,90	106,77	64,91
		Pastagem	27,22	63,43	51,19	86,49
		Água	0,12	2,02	0,02	0,03
	10 - 30	Floresta	37,65	22,71	17,79	24,54
		Solo cultivado	7,20	9,87	22,16	7,97
		Pastagem	4,74	16,66	11,38	17,15
		Água	1,69	2,05	0,05	1,55

Na Figura 4 apresentam-se as proporções relativas (%) das classes de uso e cobertura do solo (Floresta, Solo Cultivado, Pastagem e Água) na BHRC nos anos de 1985, 2000, 2010 e 2020.



**Figura 4:** Área relativa (%) de cada tipo de uso e ocupação do solo nos quatro períodos de avaliação da Bacia Hidrográfica do Rio Cabaçal, Mato Grosso-Brasil.

Na Figura 5 apresentam-se os resultados do uso e ocupação da BHRC por classe de declividade

revelando as alterações da cobertura Natural (Floresta) e Antrópica (Solo Cultivado + Pastagem).

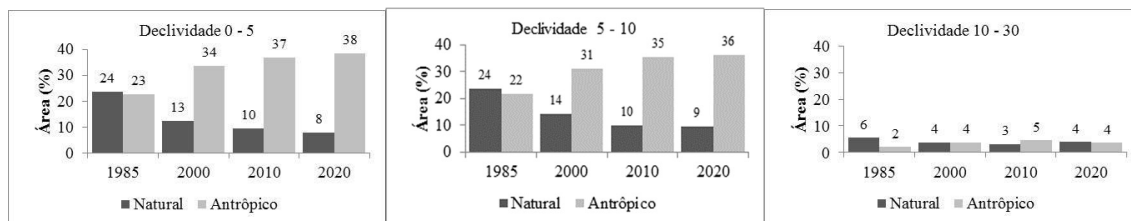


Figura 5: Uso e ocupação da BHRC por classe de declividade comparando floresta natural e ocupação antrópica.

Na Figura 6 apresenta-se a evolução do uso e ocupação da BHRC por classe de textura do solo revelando as alterações da cobertura Natural (Floresta) e Antrópica (Solo Cultivado + Pastagem).

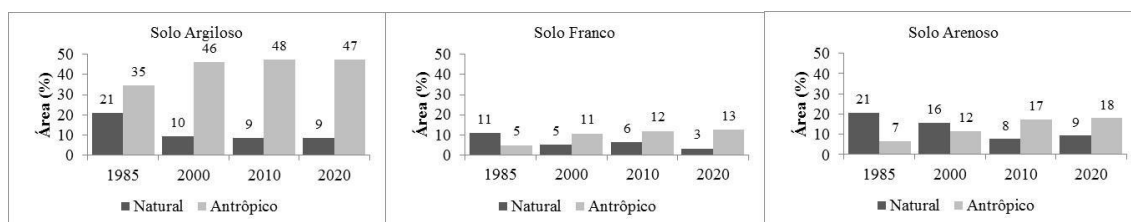


Figura 6: Uso e ocupação da BHRC por classe de textura de solo comparando floresta natural e ocupação antrópica.

Na Figura 7 apresentam-se os coeficientes de escoamento superficial estimados para a BHRC nos anos de 1985, 2000, 2010 e 2020.

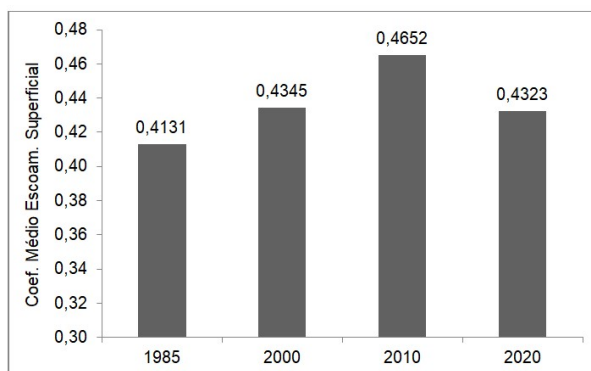


Figura 7: Coeficiente de escoamento superficial médio ponderado estimado para a BHRC com base no uso e ocupação do solo, tipo de textura do solo e declividade de 1985 a 2020.

Na Figura 8 apresenta-se a correlação linear entre o coeficiente de escoamento superficial e as áreas relativas de Floresta.

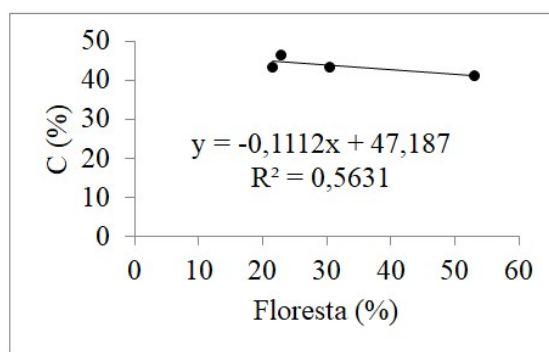


Figura 8: Correlação entre o coeficiente de escoamento superficial e a área da BHRC ocupada por Floresta.

De acordo com a Figura 2a, a declividade predominante na BHRC corresponde a classe de 0 a 5%,



que ocupa cerca de 47% da área total, enquanto a classe de declividade com menor área corresponde ao intervalo mais íngreme, de 10 a 30% com aproximadamente 8% da área total. A declividade do terreno, assim como as características de precipitação (intensidade, duração e frequência), tipo de solo, vegetação, dentre outros, afeta no volume de água escoado superficialmente, ou seja, afeta o coeficiente de escoamento superficial (PARK et al., 2014). Quanto à textura do solo (Figura 2b), a área da bacia hidrográfica é preenchida por 56% de solo argiloso, 28% de arenoso e aproximadamente 16% de franco arenoso.

Na comparação realizada entre os anos de 1985 e 2000 a área de floresta teve redução de cerca de 42%, entre os anos de 2000 e 2010 a redução foi de 25% e de 2010 para 2020 a redução foi de pouco mais de 5%, porém a redução total no ano de 1985 para 2020 foi de aproximadamente 59%, ou seja, uma perda de área de floresta correspondente a 1113 km<sup>2</sup> ao longo de 35 anos. Um fato importante a ser destacado é que a taxa de desmatamento vem reduzindo nos últimos anos. A redução do desmatamento também é registrada em todo o território do estado de Mato Grosso, de acordo com dados do Sistema de Detecção do Desmatamento em Tempo Real (Deter) do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), que aponta redução média de 30% nos alertas de desmatamento nos últimos oito meses de 2021.

Tal redução pode ser resultado da política de tolerância zero do Governo de Mato Grosso, o que impacta nos resultados, permitindo que o Estado controle o desmatamento em seu território, onde teve investimentos para a prevenção e combate ao desmatamento ilegal e contra os incêndios florestais, da ordem de R\$ 73 milhões em 2021.

Por outro lado, a área de pastagem e de solo cultivado, para o mesmo período analisado, cresceu 48% e 81%, respectivamente. Resultado que pode contribuir para o aumento do escoamento superficial em eventos de precipitações intensas. Esses resultados são reflexos do ocorrido em todo o estado de Mato Grosso que, segundo os dados do Monitoramento da Cobertura e Uso da Terra do IBGE, o estado apresentou a maior expansão da área agrícola, com 50.616 mil km<sup>2</sup> e foi o segundo no ranking de expansão da área de pastagem, com 45.449 mil km<sup>2</sup> do ano de 2000 a 2018.

A Figura 4 resume a Tabela 4 aglutinando os usos e ocupação, percentualmente, em toda a bacia hidrográfica desconsiderando a declividade e tipo de textura do solo, de onde se observa uma clara tendência de redução linear acentuada da classe Floresta. Já a classe Solo Cultivado apresentou crescimento de 1985 (21,71%) até 2010 (48,14%) com redução (32,66%) em 2020. Comportamento semelhante foi observado para a classe Pastagem com aumento de 1985 (24,93%) para 2000 (37,07%), depois apresentou retração em 2010 (28,94%) e por fim aumentou novamente em 2020 (45,37%). A redução da Floresta é uma consequência do avanço da fronteira agropecuária na região com supressão de vegetação nativa para formação de pastos ou lavouras. Já as mudanças de área entre as classes Solo Cultivado e Pastagem, revela alternância de atividade em função das condições políticas e econômicas.

Ainda pelos dados da Figura 4, nota-se que no período de 35 anos a cobertura do solo tipo Floresta, que ocupava mais da metade da BHRC (53,04%) em 1985, reduziu para 21,51% em 2020. Esse resultado revela que, provavelmente, os remanescentes florestais se restringem às áreas de Reserva Legal (RL) e

Áreas de Proteção Permanente (APP). No caso das RLs tem-se para o bioma cerrado a fração de 20% de área de preservação pelo código florestal. Tal situação se equivale ao que ocorre no restante do estado, de Mato Grosso, o qual apresentou aumento percentual de pouco menos de 600% no período compreendido entre os anos de 1985 a 2017, segundo o censo agropecuário do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2017).

A substituição de áreas de florestas por áreas de agricultura e solo exposto pode contribuir potencialmente para o aumento do coeficiente médio de escoamento superficial, tendo em vista que as áreas de floresta favorecem a interceptação pela cobertura vegetal e a infiltração da água no solo, com coeficiente de escoamento superficial que varia de 0,1 a 0,6 (Tabela 4), enquanto que áreas com solo cultivado favorecem ao escoamento, refletindo no aumento do coeficiente médio de escoamento superficial, que varia de 0,3 a 0,8 (Tabela 4).

Pela Figura 5 observa-se que as atividades antrópicas na BHRC se concentram nas classes de solo plano (0 – 5% de declividade) a suave ondulado (5 – 10% de declividade). Observa-se também que o processo de substituição da cobertura natural (Floresta) pela cobertura antrópica (Solo Cultivado + Pastagem) se deu de forma semelhante nas duas classes de declividade. Já na classe de declividade de 10 – 30% praticamente não houve alteração no período analisado. Esse resultado reflete o interesse do agropecuarista por terras planas e mecanizáveis em detrimento de terrenos mais declivosos, o que é bom, pois solos mais planos produzem menor escoamento superficial do que solos mais inclinados. Tais resultados encontram respaldo em estudo da FAO - Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura - que ao avaliar as Áreas Prioritárias para a Agricultura Irrigada Sustentável no Brasil recomendou o valor de declividade máximo de 10% (FAO, 2017).

Pela Figura 6 observam-se os resultados do uso e ocupação da BHRC por classe de textura de solo revelando as alterações da cobertura Natural (Floresta) e antrópica (Solo Cultivado + Pastagem), os quais apontam que a substituição da cobertura Natural pela Antrópica foi mais intensa nos solos argilosos, seguido pelos solos arenosos e com menor intensidade nos solos francos. Esse resultado também revela preferência de ocupação agropecuária em terras argilosas, as quais são geralmente de maior capacidade produtiva (EMBRAPA AGROPASTORIL, 2019).

O reflexo das alterações do uso e cobertura do solo na BHRC no coeficiente de escoamento superficial (C) está demonstrado na Figura 7, donde se vê que o C aumentou de 0,4131 para 0,4345 de 1985 a 2000, variação que representa na escala relativa um aumento de 5,18%. No período seguinte (2000 – 2010) houve aumento de 0,4345 para 0,4653 (+ 7,10%) e entre 2010 e 2020 o C reduziu 7,10% retornando o patamar do período anterior (0,4323). Esse resultado revela que, mesmo havendo substituição de Floresta por Solo Cultivado ou Pastagem, o valor do coeficiente de escoamento superficial variou pouco (0,4131 – 0,4653).

As variações dos coeficientes médios de escoamento superficial ao longo do tempo estão relacionadas a diversos fatores, que vão desde as características físicas da bacia (tamanho, declividade, uso e cobertura do solo, tipo de solo, porosidade do solo, geologia, etc) às características climáticas

(precipitação, distribuição e intensidade e duração de precipitação) na qual se insere a bacia. De acordo com Zhang et al. (2017), quanto maior o tamanho da bacia hidrográfica, maior é a heterogeneidade da vegetação, topografia, clima e geologia resultando numa maior capacidade de proteção contra distúrbios da bacia, como uma mudança no uso do solo e, portanto, menos sensibilidade a um dado nível de mudança da cobertura florestal em comparação com bacias hidrográficas menores.

Cabe ressaltar aqui que o coeficiente médio de escoamento superficial foi determinado por meio de simulação, utilizando valores de coeficientes de escoamento para diferentes tipos de textura do solo, de classes de uso e cobertura do solo e para diferentes intervalos de declividade encontrados em literatura consolidada. O que torna necessário para futuros estudos, uma comparação com resultados obtidos com dados de precipitação total e vazão da bacia hidrográfica registrada pelos pontos de monitoramento pluviométricos e fluviométricos, respectivamente, o que não está disponível no presente momento.

Quando é analisada a variação do coeficiente médio de escoamento para os diferentes anos e comparando com os diferentes tipos de usos do solo, observa-se que, apesar de as áreas de florestas terem sido reduzidas cerca de 59%, não causou elevado aumento no coeficiente médio de escoamento superficial estimado. Tal fato ocorre devido ao desmatamento, seja para a agricultura ou para a formação de pasto, se dá em áreas de declividade baixa, o que facilita a movimentação de máquinas empregadas na agricultura. As áreas com menor declividade são as que possuem menores coeficientes de escoamento superficial e favorecem a infiltração, enquanto as aquelas com declividades elevadas condicionam ao maior coeficiente de escoamento e, conseqüentemente, maior a velocidade do escoamento (VIEIRA e OLIVEIRA, 2004).

As áreas classificadas como solo cultivado, que agregam as áreas de agricultura e solo nu/descoberto preparado para o plantio, apresentavam cerca de 801 km<sup>2</sup> (22%) em 1985, passaram a ocupar aproximadamente 1182 km<sup>2</sup> (33%) em 2020, ou seja, ocorreu um aumento de aproximadamente 48% no período de 35 anos.

Pela Figura 8 nota-se que há correlação linear ( $a = 0,1112$ ,  $b = 47,187$  e  $R^2 = 0,5631$ ) evidenciando a aumento do coeficiente de escoamento superficial estimado em função da diminuição da área da bacia hidrográfica coberta por floresta. Embora a correlação observada seja fraca, esse resultado reforça que a substituição de floresta natural por outros usos da terra contribui para a redução da infiltração da água no solo. O impacto direto do aumento do coeficiente de escoamento superficial pode ser observado com aumento de vazões de cheia (pico) e redução das vazões mínimas em face da menor recarga do lençol freático. Nobrega (2014), estudando os impactos do desmatamento e de mudanças climáticas nos recursos hídricos na Amazônia Ocidental também constataram aumento do escoamento superficial em função do desmatamento, corroborando os resultados encontrados para a bacia hidrográfica do rio Cabaçal.

## CONCLUSÕES

A área de floresta apresentou redução de 59% no período analisado, ao passo em que ocorreu o aumento das áreas de pastagem e de solo cultivado de 81% e 48%, respectivamente. O coeficiente médio de escoamento superficial aumentou aproximadamente 4,65% no período estudado, mostrando que a

redução das áreas de florestas não causou elevado impacto no coeficiente médio de escoamento superficial.

Há correlação fraca entre o coeficiente de escoamento estimado e as áreas de floresta na Bacia Hidrográfica do Rio Cabaçal, no período de 1985 até 2020, a qual revelou aumento do escoamento em função da redução da área de floresta.

## REFERÊNCIAS

ALVARES.. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v.22, n.6, p.711-728, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>

ALVES, T. L. B.; AZEVEDO, P. V.; SILVA, M. T.. Análise morfométrica da microbacia hidrográfica Riacho Namorado, São João do Cariri-PB: uma ferramenta ao diagnóstico Físico. **Revista de Geografia**, v.31, n.3, 2014.

ANDRADE, E. M.; RODRIGUES, R. N.; PALPACIO, H. A. Q.; BRASIL, J. B.; RIBEIRO FILHO, J. C.. Hydrological responses of a watershed to vegetation changes in a tropical semiarid region. **Revista Caatinga**, v.31, n.1, p.161–170, 2018.

BEDIENT, P.; HUBER, W.; VIEUX, B.. **Hydrology and floodplain analysis**. 2013.

BRAZ, A. M.; BRITO, R. M.; GARCIA, P. H. M.. Reflexões sobre Zonas Ripárias e a Efetividade nas Áreas de Preservação Permanente no Brasil. In: FÓRUM AMBIENTAL, 16. **Anais**. 2020.

CAJAZEIRO, J. M. D.. **Análise da susceptibilidade à formação de inundações nas bacias e áreas de contribuição do ribeirão Arrudas e córrego da Onça em termos de índices morfométricos e impermeabilização**. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Minas Gerais, 2012.

CARVALHO, J. M.; CUIABANO, M. M.; NEVES, R. J.; SERAFIM, M. E.; NEVES, S. M. A. S.. Conflitos de uso da terra na bacia hidrográfica do rio Cabaçal – MT, Brasil. In: SIMPÓSIO DE GEOTECNOLOGIAS NO PANTANAL, 5. **Anais**. São José dos Campos, 2014.

COSTA, G. J. A.; VIEIRA, C. I. P.. Geotecnologias para análises da vulnerabilidade ambiental do Núcleo de Desertificação do Piauí. **Caderno Prudentino de Geografia**, v.2, n.40, p.59-76, 2018.

CRUCIANI, D. E.. **Drenagem na agricultura**. 1987.

EMBRAPA AGROSSILVIPASTORIL. **Primeiras contribuições para o desenvolvimento de uma Agropecuária Sustentável** Embrapa, 2019.

AGÊNCIA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL DOS ESTADOS UNIDOS. **Stream Corridor Restoration: principles, processes and practices**. Washington: Environmental Protection Agency, 1998.

EMBRAPA. **Manual de editoração da Embrapa**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2018.

FAO. Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura. **Agricultura Irrigada Sustentável no Brasil**:

Identificação de Áreas Prioritárias. Brasília, 2017.

GARDIMAN JUNIOR, B. S.; COUTO, D. R.; SOUZA, F. B. C.; SANTOS JUNIOR, G. N.; SANTOS, A. R.. Perda de solo por erosão hídrica em áreas de preservação permanente na microbacia hidrográfica córrego do Horizonte, Alegre, Espírito Santo. **Engenharia Ambiental**, v.9, n.2, p.21-34, 2012.

GAROTTI, L. M.; BARBASSA, A. P.. Estimativa de área impermeabilizada diretamente conectada e sua utilização como coeficiente de escoamento superficial. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v.15, n.1, p.19-28, 2010.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Agropecuário**. 2017

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Mapa de unidades de relevo do Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE, 2006.

MORUZZI, R. B.; MOURA, C. C.; BARBASSA, A. P.. Avaliação do efeito da inclinação e umidade antecedente na qualidade e quantidade das parcelas escoadas, percoladas e armazenadas em telhado verde extensivo. **Ambiente Construído**, v.14, n.3, p.59-73, 2014.

NOBRAGA, R. S.. Impactos do desmatamento e de mudanças climáticas nos recursos hídricos na Amazônia Ocidental utilizando o modelo SLURP. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.29, p.111-120, 2014.

NUNES, F. G.; FIORI, A. P.; FIRPO, G.. Estimativa de coeficientes de escoamento superficial na bacia hidrográfica do rio Atuba: Curitiba e região metropolitana – Paraná/ Brasil. **Boletim Paranaense de Geociências**, v.64, n.65, p.27-39, 2011.

PARK, D. G.; SANDOVAL, N.; LIN, W.; KIM, H.; CHO, Y. H. A.. Case study: evaluation of water storage capacity in permeable block pavement. **KSCE Journal of Civil Engineering**, v.18, n.2, p.514-520, 2014. DOI: <https://doi.org/10.3390/w12082081>

RIBEIRO, F.; LIMA, F.. Explorando métricas urbanas: desenvolvimento de uma ferramenta algorítmico para métrica para suporte em drenagem urbana na cidade de Juiz de Fora. **Revista de Geografia e Ordenamento do Território**, n.18, p.126-152, 2019.

SILVEIRA, A.; LIMA, J. L. M. P.; DINIS, C.; ABRANTES, J. R. C. B.. Influência da intensidade de precipitação na geração de escoamento em telhados cerâmicos: experimentos em laboratório sob chuva simulada. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v.23, n.4, p.751-756, 2018.

TARGA, M. S.; BATISTA, G. T.; DINIZ, H. D.; DIAS, N. W.;

MATOS, F. C.. Urbanização e escoamento superficial na bacia hidrográfica do Igarapé Tucunduba, Belém, PA, Brasil. **Ambi-Agua**, Taubaté, v.7, n.2, p.120 -142, 2012.

VIEIRA, C.V.; OLIVEIRA, F. A.. A cartografia digital como subsídio na análise geomorfológica do Morro dos Sargentos: Joinville, SC. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE DESASTRES NATURAIS. **Anais**. Florianópolis, 2004.

A CBPC – Companhia Brasileira de Produção Científica (CNPJ: 11.221.422/0001-03) detém os direitos materiais desta publicação. Os direitos referem-se à publicação do trabalho em qualquer parte do mundo, incluindo os direitos às renovações, expansões e disseminações da contribuição, bem como outros direitos subsidiários. Todos os trabalhos publicados eletronicamente poderão posteriormente ser publicados em coletâneas impressas sob coordenação da **Sustenere Publishing**, da Companhia Brasileira de Produção Científica e seus parceiros autorizados. Os (as) autores (as) preservam os direitos autorais, mas não têm permissão para a publicação da contribuição em outro meio, impresso ou digital, em português ou em tradução.