

## Saldo de radiação e Fluxo de calor no solo para a Micro Bacia Hidrográfica de Serra Branca – PB Usando técnicas de Sensoriamento remoto

Luilton Pereira Rocha (1); Clênia Rodrigues Alcântara (2)

(UFCEG, [luilton-pereira@hotmail.com](mailto:luilton-pereira@hotmail.com) (1); [clenia.alcantara@ufcg.edu.br](mailto:clenia.alcantara@ufcg.edu.br) (2))

### **Introdução:**

O domínio da caatinga no interior da Paraíba é uma área com concentração de precipitação pluviométrica em curtos períodos de tempo, normalmente em torno de três meses do ano, e condicionada a um elevado déficit hídrico e forte radiação solar. Fazer seu acompanhamento ambiental é um passo para entender os mecanismos naturais e antrópicos que atuam sobre as regiões da caatinga.

Uma forma de análise é por meio do Sensoriamento remoto, que através do processamento de imagens de satélites com alta resolução, possibilita a obtenção e acompanhar, espaço-temporalmente, de um determinado recorte além de ser uma técnica de relativo baixo custo.

Dentre vários algoritmos para obtenção de diversos resultados, pode-se destacar o SEBAL (*Surface Energy Balance Algorithm for Land*) desenvolvido por Bastiaanssen (1995), que é amplamente aplicado em estudos de fluxos de calor latente e sensível à superfície, saldo de radiação e índices de vegetação (BASTIAANSSEN et al., 1998; ALLEN et al., 2002).

Um ponto bastante forte deste modelo é que não depende de instrumentos no local do estudo para que possa se obter estas variáveis, pois os resultados são obtidos a partir dos fluxos de troca de energia entre três níveis, que são o solo, vegetação e atmosfera (Furlan et al., 2011).

A área escolhida para a pesquisa foi uma bacia hidrográfica, que segundo Tucci (1997), representa uma área de captação natural da água de precipitação que faz convergir o escoamento para um único ponto de saída. Compõe-se de um conjunto de superfícies vertentes e de uma rede de drenagem formada por cursos de água que confluem até resultar em um leito único no seu exutório. A bacia hidrografia do rio Serra Branca que fica localizada no interior da Paraíba, mais precisamente na microrregião do Cariri Ocidental, sob as coordenadas x:7°34S e Y:36°35W com seu tamanho aproximado de 407 Km<sup>2</sup>, abrigada dentro dos limites municipais de São João do Cariri e Serra Branca.

Face ao exposto, o objetivo deste estudo foi demonstrar o comportamento da bacia hidrografia do rio Serra Branca, durante um período de oito anos por meio do Saldo de Radiação (Rn) e Fluxo de calor no solo (G). Além disso buscou-se também verificar se há homogeneidade em toda sua extensão, a partir das variáveis estudadas.

### **Materiais e Método:**

Para atender aos objetivos propostos, este estudo utilizou como suporte a base de dados composta pelas imagens dos satélites Landsat 5 e 8 adquiridas do acervo da USGS Explorer ([earthexplorer.usgs.gov](http://earthexplorer.usgs.gov)), e disponibilizadas de forma gratuita. Os procedimentos para obtenção dos produtos via geoprocessamento consistiram de pré-processamento, no qual se incluem a aquisição das cenas, correção radiométrica, ortorretificação, empilhamento e recorte da área pretendida.

As imagens do Landsat 5 são compostas por sete bandas espectrais com resolução de 30 x 30 m, com exceção da banda 6 (banda termal) que tem resolução de 120 x 120 m. O Landsat 8 possui onze bandas, com resolução, também, de 30 x 30 m, com exceção das bandas 10 e 11 (bandas termais) com 100 x 100 m.

(83) 3322.3222

[contato@aguanosemiarido.com.br](mailto:contato@aguanosemiarido.com.br)

[www.aguanosemiarido.com.br](http://www.aguanosemiarido.com.br)



Foram coletadas e tratadas imagens para os dias de 28/10/2009, 22/04/2010, 10/12/2013, 27/09/2015, 12/08/2016 e 28/06/2017. Para a escolha das imagens foram delimitadas uma escala de tempo para fazer a progressão temporal e um período de oito anos, com imagens escolhidas nenhuma nuvem em todo o período de tempo analisado.

Para se obter os produtos pretendidos, foi aplicado o que preconiza o algoritmo SEBAL. Para obter o saldo de radiação e o fluxo de calor no solo foram seguidos uma série de passos como mostrado na Figura 1.

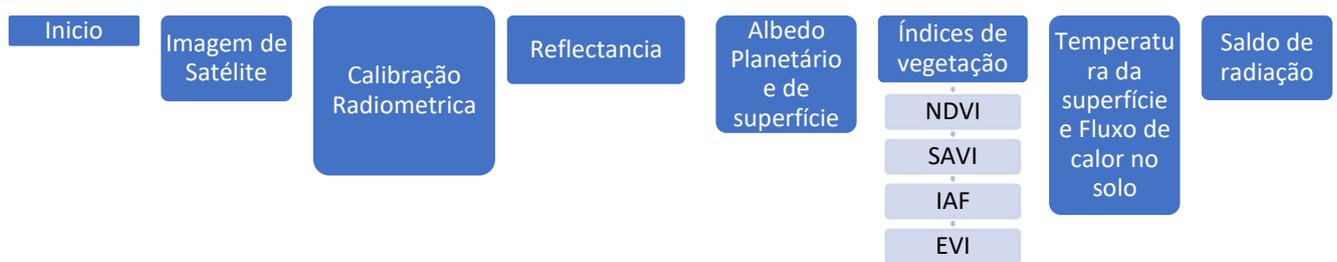


Figura 1: Sequência com as etapas computacionais do modelo de processamento do Saldo de Radiação ( $R_n$ ) e do fluxo de calor no solo ( $G$ ) utilizando o SEBAL.

As imagens obtidas são compostas por bandas espectrais em coloração de cinza, e este procedimento será calculado para todas as bandas, determinando assim o seu número digital (ND), que equivale a radiância. Os valores ND variam de 0 a 255 para TM (landsat 5,7) e de 0 a 65,535 para OLI (Landsat 8). A refletância é a razão entre o fluxo de radiação refletida e o fluxo de radiação incidente e é calculada para cada banda. O albedo do topo da atmosfera foi obtido a partir da combinação das refletâncias monocromáticas. Logo após, foi determinado o albedo da superfície ( $\alpha$ ), com a correção dos efeitos atmosféricos. Dentro dos índices de vegetação, o primeiro a ser determinado foi o IVDN (Índice de Vegetação da Diferença Normalizada) e em seguida o SAVI (Índice de Vegetação Ajustado para os Efeitos do Solo). Este índice é usado para diminuir a influência dos efeitos do background solo. Por último foi calculado o índice de área foliar (IAF), que mostra a quantidade de folha por área.

Para calcularmos a temperatura de superfície ( $T_s$ ), foram utilizadas as bandas termiais ( $L\lambda$ , 6 para Landsat 5 e 10 e 11 para Landsat 8), a partir da radiância espectral e da emissividade térmica ( $\epsilon_{nb}$ ) dentro do intervalo para o Landsat 5 e 8, respectivamente, 10,4-12,5  $\mu\text{m}$  e 10.60 – 11.19  $\mu\text{m}$ . A radiação de onda curta incidente ( $R_{s\downarrow}$ ) foi calculada a partir do ângulo zenital ( $z$ ), o inverso da distância relativa terra-sol ( $dr$ ) e ambas têm como base a constante solar. A transmissividade atmosférica ( $\tau_{sw}$ ) é obtida a partir de dados SRTM (Missão Topográfica Radar Shuttle). Para radiação de onda longa emitida pela superfície ( $RL\uparrow$ ) se utilizou a emissividade atmosférica ( $\epsilon_0$ ) e a temperatura de superfície. A estimativa de radiação de onda longa emitida pela atmosfera na direção da superfície ( $RL\downarrow$ ) é derivada a partir da emissividade ( $\epsilon_0$ ) e a temperatura do ar. Por fim, o saldo de radiação à superfície ( $R_n$ ) [ $Wm^{-2}$ ] é obtido utilizando-se a Equação 01 (Allen et al., 2002):

$$R_n = R_{sol,inc}(1 - \alpha_{sup}) - R_{ol,emit} + R_{ol,atm} - (1 - \epsilon_0)R_{ol,atm} \quad (01)$$

O fluxo de calor no solo ( $G$ ) [ $Wm^{-2}$ ] foi obtido a partir da Equação 02 desenvolvida por Bastiaanssen (2000), que mostra os valores do fluxo próximos ao meio-dia. Considerando a correção dos valores do fluxo de calor para corpos d'água ( $NVDI < 0$ ), considerou-se  $G=0,3R_n$  (Silva e Bezerra, 2006).

$$G = \left[ \frac{T_s}{\alpha} (0,0038 \cdot \alpha + 0,0074 \cdot \alpha^2) (1 - 0,98 \cdot NDVI^4) \right] \quad (02)$$

A seguir, foi determinado dois pontos de interesse. Um dos locais está no setor mais elevado da bacia hidrográfica como pode ser visto pelo ponto azul na figura 2 da bacia do rio Serra Branca, sob as coordenadas; O36°46 16.511 S7°29 25.135; O36°46 12.792 S7°29 20.447; O36°46 14.635 S7°29 26.060, este local tem está melhor preservado. O outro ponto está mais próximo do centro da bacia (Ponto Vermelho – Figura 2). Este local tem uma atuação antrópica mais intensa. Sua localização se encontra entre as coordenadas O36°39 19.964 S7°30 0.322; O36°39 3.249 S7°29 36.888; O36° 39 22.776 S7° 29 59.403.

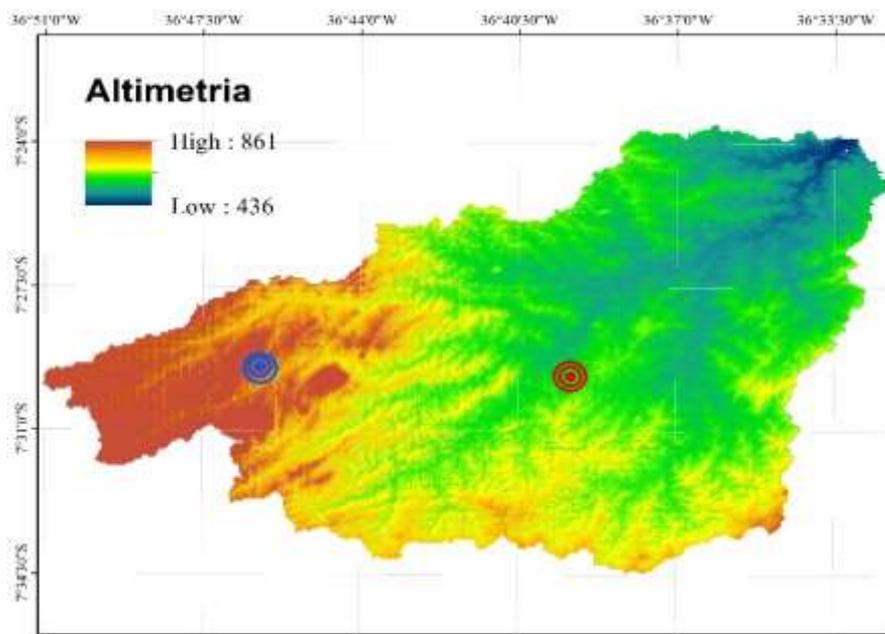


Figura 2: Mapa de Altimetria e Localização das áreas de interesse. O ponto vermelho representa a área de maior influência antrópica (X - A) e o Azul, o de menor atuação antrópica (X - B).

## Resultados e discussão:

Os resultados obtidos permitiram comparar espacialmente os efeitos da cobertura do solo sobre o saldo de radiação e o fluxo de calor ao longo de oito anos, sobre a superfície da Bacia, notadamente, considerando os dois pontos, que diferencia os ambientes por níveis de degradação.

Na Figura 3, são apresentados os resultados para o saldo de radiação (RN). Nela, pode ser visto que a menor perda energia ocorreu no ano de 2010 com valores médios de  $310 \text{ Wm}^{-2}$ , pois são decorrentes de valores altos de Albedo de superfície e Temperatura. Destaque-se que Albedo com valores elevados representam uma alta reflexão de radiação, corroborado pela imagem que mostra uma quantidade elevada de solo exposto e uma baixa quantidade de vegetação com folhagem.

**Painel Temático: Saldo de Radiação - RN**  
Bacia Hidrográfica do Rio Serra Branca - PB

UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE  
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS  
Unidade Acadêmica de Ciências Atmosféricas  
UACA Projeto Mudanças Climáticas - CNPQ

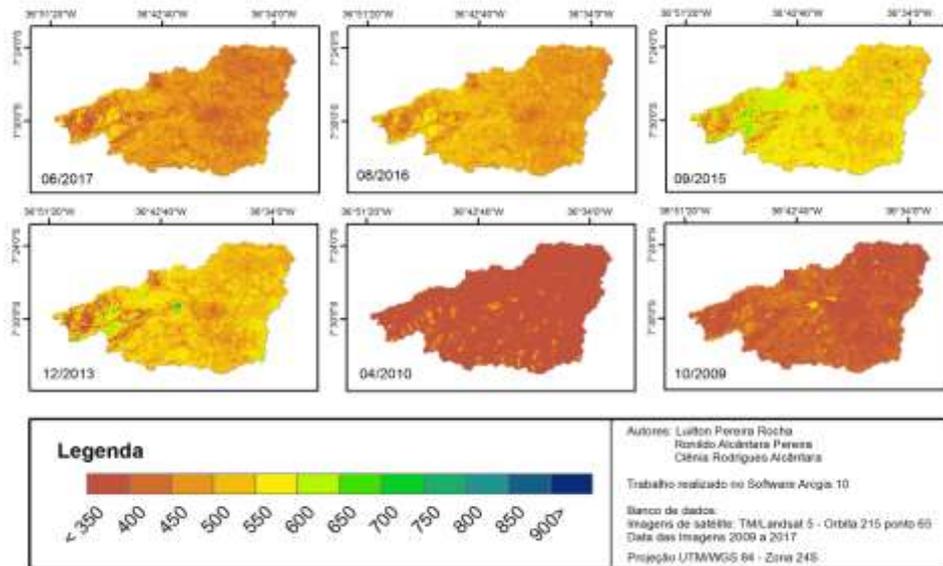


Figura 3: Saldo de Radiação – 10/2009 a 06/2017.

A seguir, no gráfico da Figura 4, pode-se observar a evolução temporal do saldo de radiação para os pontos selecionados. Pode-se destacar o aumento dos valores entre 2009 e 2015. Observa-se um aumento dos valores no local com menor ação antrópica ratificando a resistência que a vegetação da caatinga tem à estiagens longas. Entretanto, houve um decréscimo a partir de 2015 até 2017 em ambos os locais, podendo-se destacar, por exemplo, a expansão de áreas para plantio e construção na área de maior influência antrópica. Já na área de menos antropizadas pode-se destacar, por exemplo, a extração de madeira e também a folhagem da caatinga que cai nas épocas sem chuva, deixando o solo exposto no dia do imageamento do satélite.

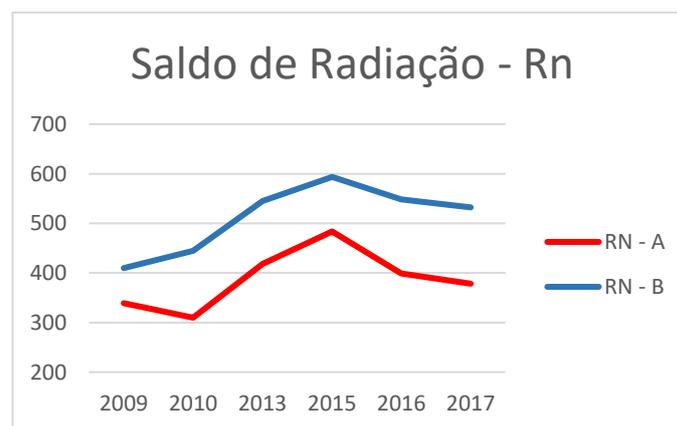


Figura 4: Dados para Saldo de Radiação: RN - A para Ponto de Maior influência antrópica; RN - B ponto de Menor atuação antrópicas.

O fluxo de calor no solo ( $G$ ), além da temperatura de superfície é influenciado pelo  $R_n$  e pelas características do solo e da vegetação entre outros. Como observado em Oliveira et al. (2009), os valores mais elevados são caracterizados por áreas sob atividades antrópicas ou áreas de solo exposto, apresentando um valor superior a  $65,01 W m^{-2}$ .

A Figura 4, mostra espacialmente o (G) no decorrer dos anos deste estudo, com destaque para os anos de 2013 e 2015, que possuem altos valores, chegando a extrapolar os  $100 Wm^{-2}$  em grande parte da bacia. Alguns trechos a oeste da área possuem menores valores de fluxo, que estão relacionados a menor ação antrópica e também por uma elevação de 750 m de altitude, o que favorece o registro de menor temperatura e, portanto, menores valores de fluxo.

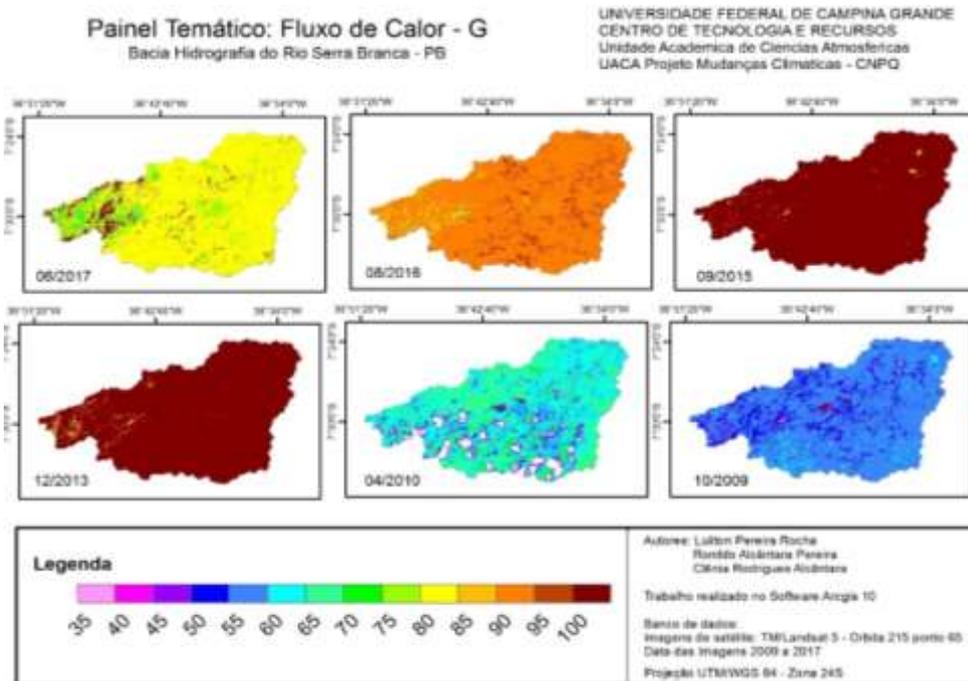


Figura 5: Saldo de Radiação – 10/2009 a 06/2017.

Da mesma forma que foi visto no Gráfico da Figura 4, o Gráfico da Figura 6, mostra claramente pouca variação entre os pontos A e B, com um aumento considerável até o ano de 2013. Note-se que os valores de 2015 são muito aproximados nos dois pontos de coleta. O fato mostra que as condições ambientais são tão críticas, ante a longa estiagem, que determinadas condições fazem pouca ou nenhuma diferença em alguns índices. Para os anos seguintes, 2016 e 2017 observou-se um decréscimo nos valores de fluxo.

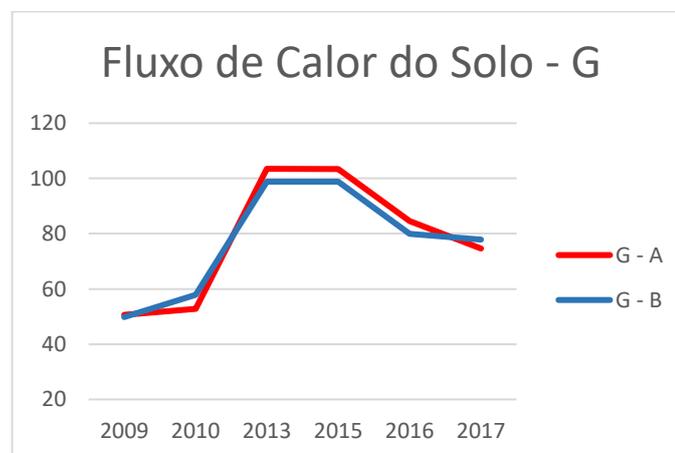


Figura 6: Dados para Fluxo de Calor no Solo G; G - A para Ponto de Maior influência antrópica; G - B ponto de Menor atuação antrópicas.

## Conclusões:

Pode-se perceber, de acordo com os resultados obtidos, que o comportamento da bacia está muito atrelado aos períodos úmidos e estios. exemplo disso são os anos de 2009, 2010, 2016 e 2017, onde se nota uma melhor resposta da vegetação, ajudando assim a dissipar a energia emitida para a atmosfera. Nos anos estudado, pode-se entender que as ações antrópicas em conjunto com a dinâmica ambiental, foram fatores atuantes que influenciam no comportamento da bacia hidrográfica, interferindo intensamente nos índices da bacia.

Foi possível perceber que a heterogeneidade da bacia, apresenta maior grau de antropismo na porção central e leste e, a oeste e noroeste melhores condições de preservação tem uma menor atuação antrópica. Todavia, a pressão das demandas por recursos vegetais tem sido tão intensa que o sistema Caatinga não foi capaz de se regenerar e, portanto, registra-se um ambiente com solos expostos, inexistência de umidade no solo, justificando os valores apresentados.

## Referências Bibliográficas:

- ALLEN, R. G., TREZZA, R. & TASUMI M. **Surface energy balance algorithms for land. Advance training and user's manual**, version 1.0, pp. 98, 2002.
- BASTIAANSEN, W. G. M., PELGRUM H., WANG, J. MORENO, Y. M.J., ROERINK, G. J. & VAN DER WAL, T. **The Surface Energy Balance Algorithm for Land (SEBAL) 2. Validation.** Journal of Hydrology, 212-213: 213-229, 1998.
- Furlan, D. N.; Ballester, M. V. R.; Andrade, R. G. **Estimativa dos valores de saldo de radiação e fluxo de calor no solo em diferentes condições antrópicas na bacia do rio Ji-Paraná, Rondônia** XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR. Curitiba – 2011
- Oliveira, T.H.; Galvêncio, J.D.; Araújo, M.S.B.; Pimentel, Mendonça, R. M.; Silva, B.B. **“Avaliação do fluxo de calor no solo, temperatura da superfície e albedo na bacia hidrográfica do rio Moxotó- PE através de imagens TM - Landsat-5”**. In: XIII Simpósio de Geografia Física Aplicada, Viçosa, 1, pp. 69-89. 2009.
- Silva, B.B. da; Bezerra, M.V.C. Determinação dos fluxos de calor sensível e latente na superfície utilizando imagens TM – Landsat 5. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 14, n. 2, p. 174-186, 2006.
- TUCCI, C. E. M. 1997. **Hidrologia: ciência e aplicação**. 2.ed. Porto Alegre: ABRH/Editora da UFRGS, 1997.