

## Variações na Modelagem do Fluxo de CO<sub>2</sub> na Área Metropolitana de Brasília, por meio de Dados OLI do Landsat 8

Marceli Terra de Oliveira <sup>\*1</sup>

Gustavo Macedo de Mello Baptista<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidade de Brasília – UnB/IG

Caixa Postal 4465 - 70910-90 - Campus Universitário Darcy Ribeiro, Asa Norte - Brasília - DF, Brasil

marceliterra@gmail.com/gmbaptista@unb.br

**Abstract.** The CO<sub>2</sub> flux determination is possible by means of a combination of vegetation index and a photo chemical reflectance index firstly proposed by Rahman et al. (2000). The aim of this paper is show the carbon dioxide flux from the lower atmosphere by differentiation of levels of carbon presence at Distrito Federal and compares the carbon data between several targets, also test the new features of LDCM to the previous purpose. Mapping carbon flux lead to a better understanding about how many urban centers are poorly planned without at least a minimum quota of vegetation. The results shows that CO<sub>2</sub>flux and its variations (with EVI and EVI2) has a good applicability to the new satellite features of Landsat 8, despite overestimation of the index with EVI and underestimation with EVI2 that may happen due the choice of targets and biome characteristics. As expected, urban areas shows low rates of carbon sink, in other words, represents high levels of carbon at those areas, the agricultural target shows similarities with conservation area target, however has its own cycles that shows no dependence with local biome nor local climate since agricultural can handle any situation to improve the crop. The vegetation removal leads to a low sink and high levels of carbon at atmosphere.

**Palavras-chave:** CO<sub>2</sub>flux, sequestro de carbono, LDCM, sensoriamento remoto.

### 1. Introdução

O *Landsat Data Continuity Mission* (LDCM), também conhecido por Landsat 8, é uma parceria entre a NASA e USGS e foi lançado em 11 de fevereiro de 2013. Traz novidades em relação aos satélites anteriores da série Landsat, possuindo dois instrumentos imageadores, sendo um deles um sensor ótico (OLI – *Operational Land Imager*) com duas novas bandas, sendo uma para detectar nuvens de alta altitude (*Cirrus*) e outra para estudos da atmosfera e a qualidade da água em lagos e águas costeiras (*Coastal /Aerosol*). Além disso, o sistema apresenta um sensor infravermelho termal (TIRS – *Thermal InfraRed Sensor*) com duas bandas de ondas longas (USGS, 2012).

A análise do fluxo de carbono sequestrado pela fotossíntese é importante para pesquisas de âmbito populacional e sua distribuição no espaço, mostrando como essa variável influencia diretamente a quantidade de carbono presente na baixa troposfera, também podendo ser relacionado à cobertura vegetativa, ilhas de calor e outros impactos ambientais. Para a captação e quantificação desse fluxo, Rahman et. al. (2000) propuseram a combinação de índice de vegetação por diferença normalizada – NDVI (ROUSE et al., 1973) e índice de reflectância fotoquímico (GAMON et al., 1997), assim seria possível determinar o CO<sub>2</sub>flux.

Apesar da cidade de Brasília – DF ter sido projetada enfrentam-se problemas quanto à distribuição populacional desenfreada e não planejada das cidades satélites. Encontram-se adensamentos populacionais muitas vezes sem nenhum tipo de vegetação presente nos arredores. Com isso, esse trabalho foi realizado para comparar a modelagem de sequestro de carbono por meio dos índices EVI e EVI2, além da utilização do NDVI, bem como testar a banda do azul costal tanto no índice EVI como

---

\* Estudante de Iniciação Científica da Universidade de Brasília.

no PRI, obtidos por meio de dados OLI do Landsat 8 e analisar a sazonalidade do fluxo de CO<sub>2</sub>. Para tal, foram avaliados alvos urbanos, agrícolas e de Unidades de Conservação (UC).

## 2. Material e Métodos

O estudo em questão foi realizado com duas cenas de 221/071 que contempla a cidade de Brasília no centro da cena, localizada entre as latitudes 15,504965° e 16,053393° Sul, e longitudes 48,201025° e 47,311414° Oeste em suas duas estações climáticas distintas. A primeira refere-se à estação seca e data de 15 de setembro de 2013, a segunda representa o pós-chuva e data de 5 de janeiro de 2014 e processadas por meio do software ENVI© versão 4.8.

O pré-processamento dos dados foi realizado a partir da transformação dos ND para radiância e depois para a reflectância TOA (*Top Of Atmosphere*) de acordo com o proposto pelo USGS ([http://landsat.usgs.gov/Landsat8\\_Using\\_Product.php](http://landsat.usgs.gov/Landsat8_Using_Product.php))

Para especializar o sequestro florestal de carbono Rahman et al. (2000) propuseram a integração do NDVI com o PRI reescalado para valores positivos. Silva e Baptista (2013) testaram no contexto amazônico a possibilidade de substituir o NDVI pelos índices espectrais EVI e EVI2 no cálculo do CO<sub>2</sub>flux.

Analisou-se também a banda 1 (azul costal/aerossol) do Landsat 8 como substituto à banda azul nos índices EVI e PRI, e verificou-se se elas influenciam na quantificação do sequestro de carbono.

Com os índices aplicados nas duas imagens, foram definidos transectos para três alvos distintos no intuito de observar a variância do CO<sub>2</sub>flux em localidades diferentes Figuras 1, 2 e 3.

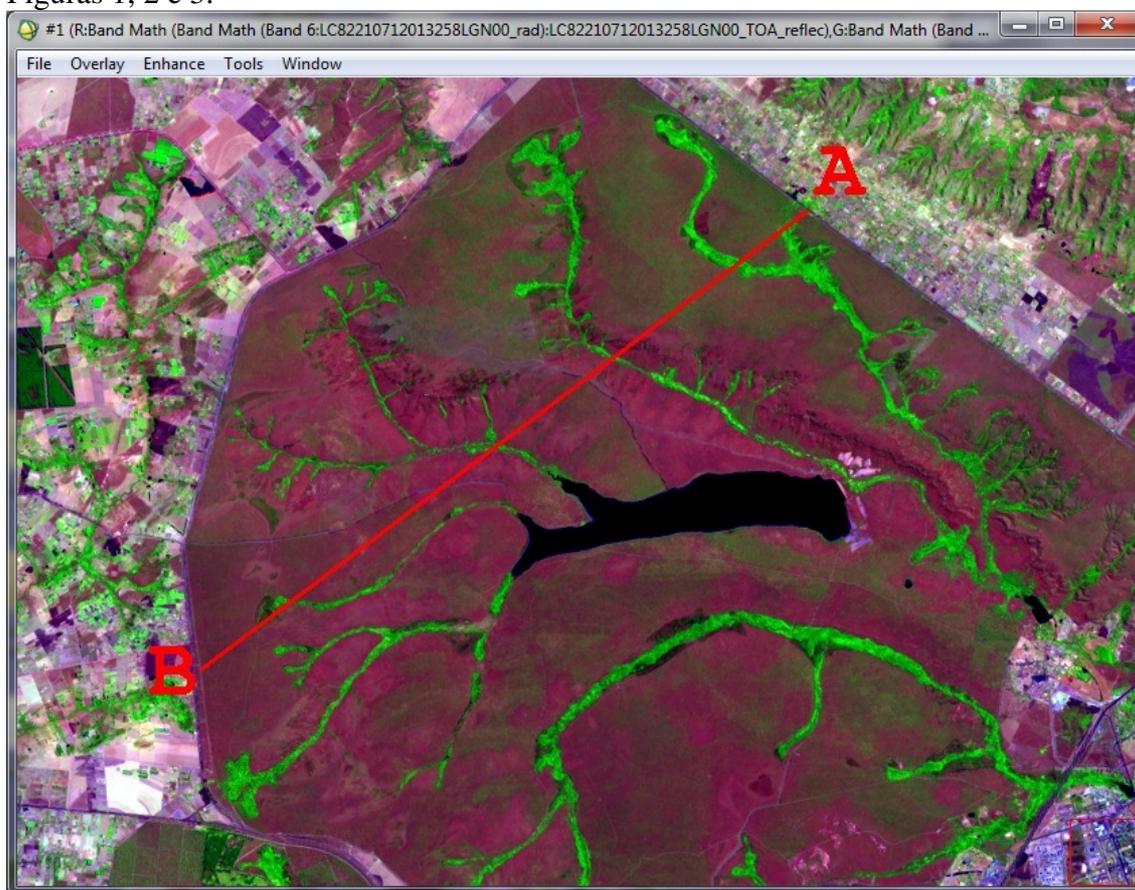


Figura 1 - Representação do transecto da UC (Unidade de Conservação) numa imagem R6G5B4 destacando o Parque Nacional de Brasília.



Figura 2 - Representação do transecto do alvo agrícola numa imagem R6G5B4, no município de Cristalina.

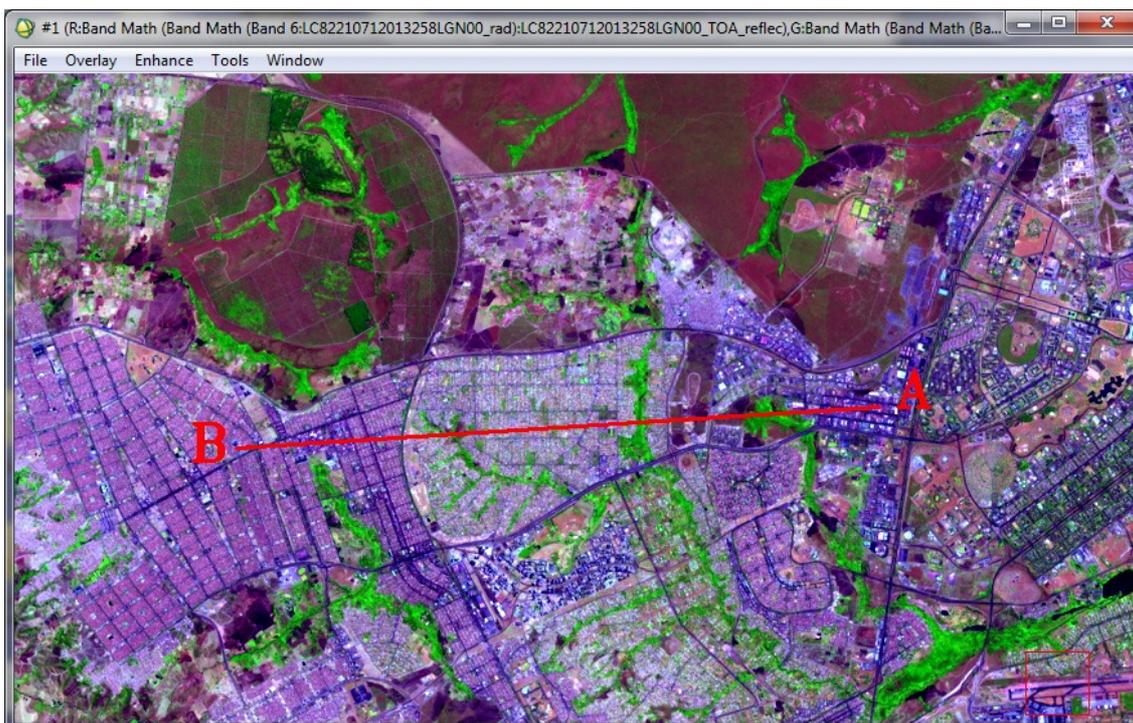


Figura 3 - Representação do transecto do alvo urbano numa imagem R6G5B4 passando pelos Setores de Indústrias e Abastecimento, de Chácaras Lúcio Costa, Vicente Pires, Taguatinga e Ceilândia.

### 3. Resultados e Discussão

Os resultados obtidos permitiram analisar os dados e os índices em questão. O NDVI, EVI, EVI2, sPRI e CO<sub>2</sub>flux apresentaram dados variando de -1 a 1 o que atesta a aplicabilidade dos índices para Landsat 8. Para os índices de vegetação (NDVI, EVI e

EVI2) os dados negativos representam áreas não fotossinteticamente ativas e os positivos, áreas com atividade fotossintética.

Os dados de EVI obtidos com a banda do azul costal e com a banda do azul apresentaram os mesmos valores, o que não traz contribuição para alteração do índice. O mesmo se verificou para a alteração utilizada no PRI e os resultados não apresentaram diferenças. Apesar da nova banda do azul costal/aerossol ter sido implementada como mais uma ferramenta para estudos atmosféricos, a análise do CO<sub>2</sub>flux não apresentou diferenças para o cálculo em relação à banda do azul, portanto os resultados e análises do índice serão desenvolvidos apenas com a banda do azul.

As diferenças entre o CO<sub>2</sub>flux com EVI e EVI2 permitiram verificar que com EVI2 houve subestimação em relação ao NDVI e que o EVI superestimou os resultados. Isso contraria a ideia de que o NDVI satura os dados, como pode ser verificado nos resultados de Silva e Baptista (2013) para o contexto amazônico com predomínio de estrato arbóreo. Mas assim como no trabalho desses autores, os valores de EVI2 também foram os mais baixos, tanto no período de chuvas (Figura 4a) como para o de estiagem (Figura 4b) independente do alvo.

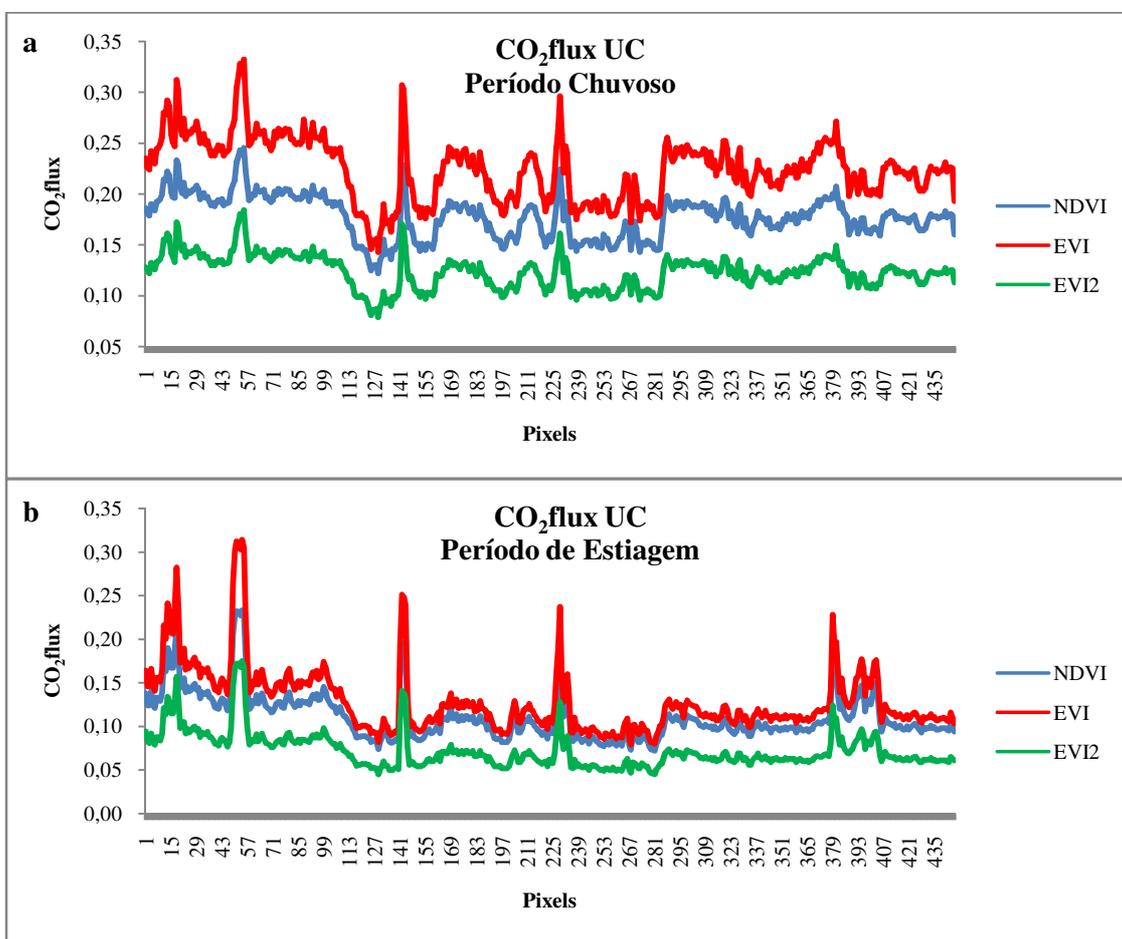


Figura 4 - transecto do CO<sub>2</sub>flux na UC nas três variações de índices no a) período chuvoso de janeiro e b) na estiagem em setembro.

No transecto da UC nota-se a diferença de comportamento do CO<sub>2</sub>flux da estação seca com picos com valores inferiores ao da estação chuvosa, principalmente nas regiões de matas de galeria, fato típico do bioma Cerrado que tem seu estrato herbáceo seco devido à falta de chuva dessa estação.

Também foi possível verificar a correlação dos índices variados, entre o tradicional e os propostos com EVI e EVI2. As relações não lineares entre os índices apresentou

elevados coeficientes de determinação, o que denota que a predição do sequestro florestal de carbono, tanto com o NDVI como com o EVI ( $R^2 = 0,997$  no período chuvoso e  $0,999$  para o de estiagem) e o EVI2 ( $R^2 = 0,993$  no período chuvoso e  $0,997$  para o de estiagem), foi possível, independente da estação do ano.

Silva e Baptista (2013) encontraram coeficientes de determinação muito inferiores aos encontrados,  $R^2 = 0,53$  entre o  $CO_2$ flux com o NDVI (variável independente) e com o EVI (variável dependente) e  $R^2 = 0,37$  entre NDVI e EVI2. Apesar de os autores não terem testado o efeito da sazonalidade, a explicação pode ser devido à qualidade dos dados do Landsat 8, os quais apresentam menos ruído que de outros satélites, como por exemplo, dados do Hyperion presentes no trabalho de Silva e Baptista (2013).

Na análise sazonal o transecto sobre alvo agrícola teve um comportamento parecido com o sobre alvo UC, porém nota-se uma maior saturação de EVI em relação aos outros índices, principalmente em áreas irrigadas. O trabalho de Laurentino et al. (2011) relaciona uma maior sensibilidade do EVI com o teor de umidade, de água nas folhas e, conseqüentemente, no vigor da vegetação, o que pode explicar esse comportamento superestimado nas áreas irrigadas (Figura 5a e b).

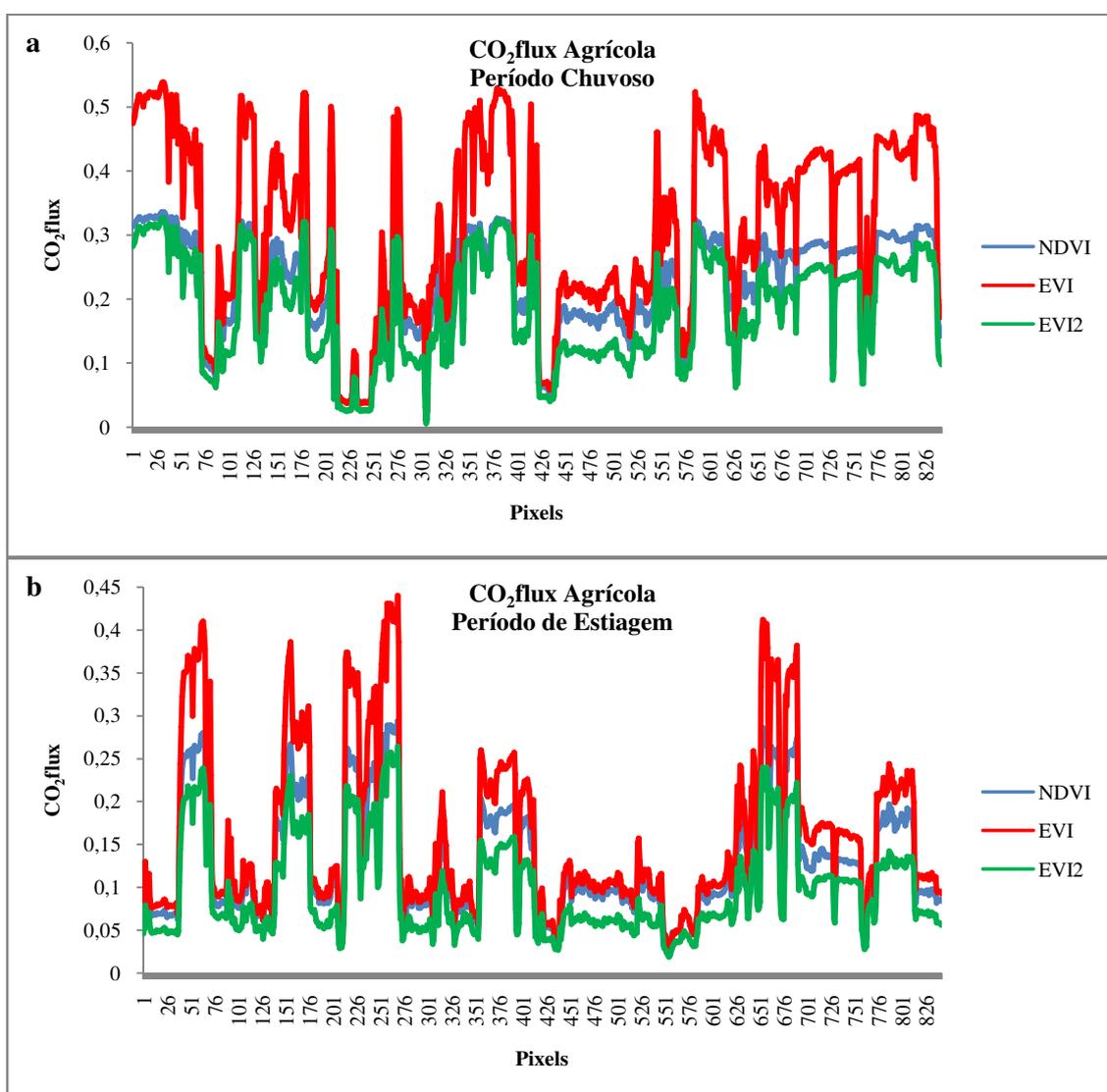


Figura 5 - transecto do  $CO_2$ flux na área agrícola nas três variações de índices no a) período chuvoso de janeiro e b) na estiagem em setembro.

As relações encontradas na área agrícola foram todas não lineares representadas por polinômios de segunda ordem. Também apresentou elevados coeficientes de determinação, o que denota que a predição do sequestro florestal de carbono, tanto com o NDVI como com o EVI ( $R^2 = 0,997$  para ambos os períodos) e o EVI2 ( $R^2 = 0,989$  também para ambos os períodos) (Figura 6a e b).

O alvo urbano apresenta comportamento diferenciado dos outros alvos devido à grande supressão vegetal e áreas construídas, as áreas de vegetação são inferiores sendo restritas a matas ciliares e a área do antigo Jockey Club, localizada entre o Setor de Chácara Lúcio Costa e Vicente Pires. Os picos dos gráficos mostram essas áreas de maior vegetação entre grandes adensamentos urbanos, os níveis mais baixos representam o baixo sequestro de carbono e, conseqüentemente, grandes níveis de carbono presentes na atmosfera nessas localidades.

Apesar de não haver grande diferença sazonal, o padrão entre os índices continua o mesmo com o EVI superestimando, o EVI2 subestimando e o NDVI tomando uma posição intermediária entre os dois primeiros (Figura 6a e b).

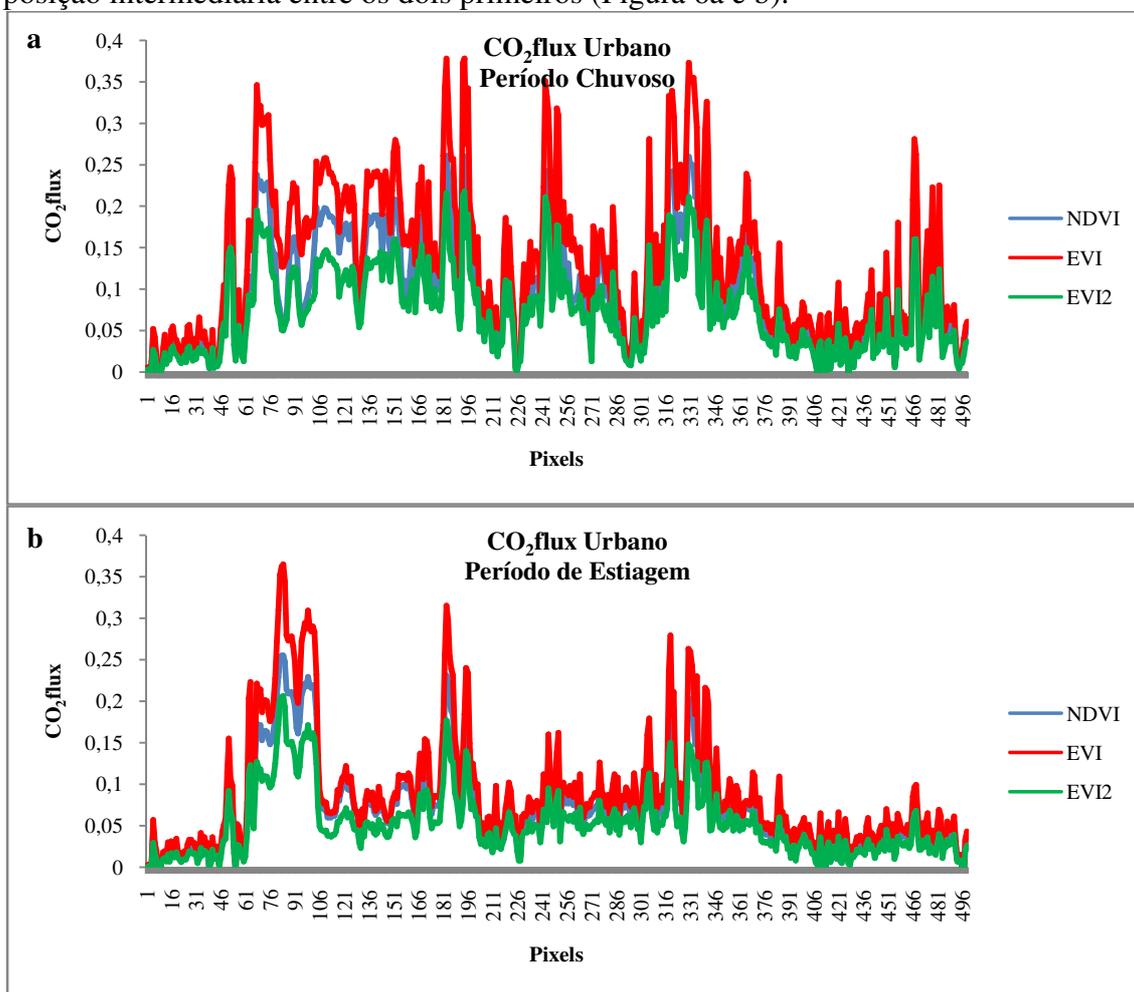


Figura 6 - transecto do  $CO_2$ flux na área urbana nas três variações de índices no a) período chuvoso de janeiro e b) na estiagem em setembro.

Assim como nos outros alvos anteriormente descritos, o desempenho do EVI ( $R^2 = 0,974$  no chuvoso e  $0,996$  no de estiagem) em substituição ao NDVI foi maior na estiagem que o do EVI2 ( $R^2 = 0,985$  no chuvoso e  $0,991$  no de estiagem), porém menor em relação ao período chuvoso, no qual essa tendência se inverteu, mas essa diferença não é significativa. As relações encontradas também foram não lineares, porém nota-se

que, assim como na UC, o coeficiente de determinação é menor na estação chuvosa que na estiagem. Esse comportamento não foi verificado na área agrícola.

#### 4. Conclusões

A variabilidade sazonal reagiu de forma esperada, em que na estação de chuva (janeiro) o sequestro de carbono é maior devido à vegetação mais vigorosa e na estação seca (setembro) há uma redução do sequestro de carbono devido ao período de estiagem no qual a vegetação não se encontra mais tão vigorosa e sua capacidade de sequestro é reduzida, característica típica do bioma Cerrado. Ainda assim, é visível a grande diferenciação dos alvos, principalmente da urbana que prova o fato da supressão vegetal ser um problema em grandes centros urbanos.

O alvo agrícola mostra similaridades com o alvo UC, porém, se diferencia pelo fato da agricultura ter ciclos e mostrar independência em relação à umidade quanto a fatores de bioma local e características climáticas, uma vez que a agricultura consegue controlar a colheita com alta tecnologia e técnicas apropriadas.

Os índices testados tiveram bons resultados para o Landsat 8 provando a aplicabilidade para o novo satélite sem maiores perdas. No entanto, nota-se que o CO<sub>2</sub>flux com o EVI superestimou os dados e o EVI2 subestimou os dados em todos os transectos analisados. Para o bioma Cerrado, como o esforço computacional para determinar o NDVI seja menor e como os índices apresentaram-se praticamente iguais, talvez seja mais interessante adotar o CO<sub>2</sub>flux tradicional com o NDVI, pois, conforme verificado, esse índice não saturou como visto em outros trabalhos.

A análise do sequestro de carbono em grandes centros urbanos permite o mapeamento de áreas em risco com baixos níveis de sequestro e, portanto, altos níveis de CO<sub>2</sub> na baixa atmosfera.

#### Referências Bibliográficas

- Rahman, A. F.; Gamon, J. A.; Fuentes, D. A.; Roberts, D.; Prentiss, D.; Qiu, H.; **Modeling CO<sub>2</sub> flux of boreal forests using narrow-band indices from AVIRIS imagery.** California State University, Los Angeles, Geography Department, 5151 State Univ. Dr., Los Angeles, CA 90032.
- Lopes, H.L.; Accioly, L.J.O.; Candeias, A.L.B.; Sobral, M.C. **Análise de índices de vegetação na bacia do rio Brígida, sertão do estado de Pernambuco.** In: III Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação, Recife - PE, 27-30 de Julho de 2010, p. 001 de 008.
- Silva, S.C.P.; Baptista, G.M.M. **Variações na modelagem do sequestro florestal de carbono por meio de dados hiperespectrais na Floresta Nacional do Tapajós, Pará.** In: Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Foz do Iguaçu, PR, Brasil, 13 a 18 de abril de 2013, INPE 9020.
- USGS. **Landsat data continuity mission.** U.S. Department of the Interior, U.S. Geological Survey. FactSheet 2012–3066.Revised July 2012.
- Grilo, D.C.; Franca-Rocha W.J.S; Borges, E.F.; Petreire, V.G.; Araújo, D.M.B.; **Mapeamento do fluxo de CO<sub>2</sub> em ambientes de caatinga e de sistemas agropecuários por meio de imagens orbitais.** In: Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Curitiba, PR, Brasil, 30 de abril a 05 de maio de 2011, INPE p.1682.

Barreto, L. V.; Freitas, A.C.S.; Paiva, L.C. **Sequestro de carbono**. Centro Científico Conhecer, Goiânia, Enciclopédia Biosfera N.07, 2009, ISSN 1809-058351.

Carvalho, J.L.N.; Avanzi, J.C.; Silva, M.L.N.; Mello, C.R.; Cerri, C.E.P. **Potencial de sequestro de carbono em diferentes biomas do Brasil**. R. Bras. Ci. Solo, 34:277-289, 2010.

Martins, C.R.; Pereira, P.A.P.; Lopes, W.A.; Andrade, J.B. **Ciclos globais de carbono, nitrogênio e enxofre: a importância na química da atmosfera**. Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola, N° 5 – Novembro 2003.

Laurentino, M.L.S; Silva, H.S.; Silva, J.C.B.; Santana, S.H.C.; Morais, Y.C.B.; Galvêncio, J.D. **Aplicação dos índices de NDVI e EVI como análise da variação fisionômica da vegetação no Brejo de Altitude de Serra Negra-Bezerros/PE-Brasil**. In: Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Curitiba, PR, Brasil, 30 de abril a 05 de maio de 2011, INPE p.3182.