Modelo agrometeorológico para a estimativa de produtividade do café nos municípios de Barreiras e Prado no Estado da Bahia

Gisele Martins Amaral¹
André Luiz Farias de Souza¹
Miriam Rodrigues da Silva²
Társis Rodrigo de Oliveira Piffer¹

¹ Companhia Nacional de Abastecimento – Conab/GEOTE
Caixa Postal 08582 – 70.390-010 – Brasília/DF, Brasil
{andrelfsouza, giseledifferent}@gmail.com
tarsis.piffer@conab.gov.br

² Instituto Nacional de Meteorologia – INMET
Eixo Monumental Via S1. Sudoeste – 70.680-900 - Brasília/DF, Brasil
miriamsibmol@gmail.com

Abstract: This study aimed to use the enhanced vegetation index (EVI) and evapotranspiration in the estimated production and productivity of coffee plantations in the municipalities of Barreiras and Prado in State of Bahia. With EVI data, we defined the period information of 18 February 2000 to 19 December 2010. In this period, we calculated the average and maximum values of the vegetation index in the mapped area with coffee in each municipality. The predictive model is based on FAO model, but with the use of satellite information. The model was calibrated with data from years 2000 to 2007, resulting in an equation of linear trend analysis for each municipality. These results allowed to estimate the productivity of the production for the years 2008 to 2010. The results with the model generated based on vegetation index mapped area, estimated values close to those generated by the organs oficiais. The best results with data were found to municipality of Barreiras. However, the productivity estimated by the model used in this study did not achieve satisfactory results when compared to other models generalizing, which generally apply well to cultivation of larger areas, larger plantations and regular growing season. It should be noted that even with this model is still considered effective because it represent the real behavior vegetative.

Keywords: Remote sensing, vegetation index, EVI, MODIS, evapotranspiration, crop yield forecast, potential productivity, State of Bahia.

1. Introdução

O *Coffea arábica*, é a espécie mais cultivada e destinada principalmente, para a composição de bebidas finas e de valor comercial mais elevado. Já a espécie *Coffea canephora* (café robusta ou conilon), destina-se à fabricação de solúveis e composição de blenders, por ter sabor neutro, mas conferir corpo e cor a bebida. Essa espécie, é própria das zonas da mata litorânea, de baixa altitude, apresentando elevada produtividade e baixo custo de produção.

As regiões produtoras de arábica denominadas Planalto e Cerrado, apresentaram no terceiro levantamento, segundo a Companhia Nacional de Abastecimento/Conab, (safra 2012) uma redução de 5,42% no volume da produção esperada em relação ao levantamento anterior, refletindo a continuidade de um menor rendimento do café colhido devido à longa estiagem que ocorreu nestas regiões.

As regiões produtoras de conilon denominada de Atlântico, apresentou ao final da colheita e beneficiamento de sua safra, uma melhora significativa no seu rendimento, estimados em 10%, ocasionado pela melhor regularidade das chuvas ocorridas nesta região. Nota-se no momento, uma retomada na implantação de novas lavouras e ampliação dos tratamentos culturais nas lavouras existentes, incentivadas pelos preços atuais do café e da retomada da cultura do mamão que é normalmente consorciada com o café.

Com 98% da colheita já realizada e beneficiada, resta apenas levantar o café do chão em algumas propriedades, cuja colheita ocorreu mais tarde. De modo geral, devido ao período de seca aliada à ocorrência de alta temperatura climática, a colheita foi antecipada na maioria dos municípios produtores.

Através do uso de imagens MODIS, foram extraídas informações do índice de vegetação melhorado *Enhanced vegetation index* (EVI), fornecido a cada 16 dias, georreferenciado e corrigido para os efeitos atmosféricos. A estimativa estudada, baseou-se no estudo da área, produtividade e tempo. A área foi estimada anteriormente por profissionais da Gerência de Geotecnologias/GEOTE – CONAB, através das tecnologias de imagens de satélite georreferenciadas, que consistiram no mapeamento das áreas cafeeiras. O tempo levou em consideração o período de 2000 a 2010, e o conhecimento da produtividade foi definido com a análise de vários fatores, principalmente climáticos.

Desta maneira, este artigo tem o objetivo de expor e propor discussões sobre a metodologia utilizada atualmente e os resultados alcançados com a estimativa de produtividade da cultura de café nos municípios de Barreiras e Prado no Estado da Bahia.

2. Metodologia de trabalho

A metodologia utilizada durante a execução da pesquisa dividiu-se em três etapas: I – EVI e Parâmetros de produtividade do café; II – Evapotranspiração; III – Estimativa de produtividade.

2.1. EVI (índice de vegetação melhorado) e Parâmetros de produtividade do café

O EVI (Enhanced Vegetation Index) foi utilizado neste estudo, devido a sua melhor representação quanto a variação na estrutura do dossel e área foliar. Deste modo, com o auxílio do software Ilwis, utilizamos os dados do EVI, e informações de 18 de fevereiro de 2000 a 19 de dezembro de 2010 (250 períodos de 16 dias), no qual foi observado o índice de vegetação máximo e médio para o café.

Segundo Camargo e Pereira (1994), o café é uma cultura perene e os dados fenológicos e de produtividades considerados são provenientes de cafeeiros adultos, o valor de coeficiente de cultura (Kc) adotado no cálculo do balanço hídrico se iguala à unidade (Kc=1), assumindo-se, assim, plena cobertura do terreno pelas plantas adultas.

Picini et al. (1999) desenvolveram e testaram, para Mococa – SP, modelos matemáticos agrometeorológicos que relacionam a fenologia, a bienalidade e a produtividade do cafeeiro, a partir de dados de produtividade de cafeeiros adultos, variedade Mundo Novo, correspondente ao período de 1966/67 a 1973/74. Os melhores ajustes entre dados observados e estimados foram obtidos com modelo aditivo que relaciona o fator hídrico, durante os trimestres jun/jul/ago, set/out/nov e dez/jan/fev, os quais apresentaram coeficientes de resposta ao suprimento hídrico (Ky) de +0,38 (Ky1), +0,61 (Ky2) e +0,18 (Ky3), respectivamente, para os estádios fenológicos da dormência das gemas-início do florescimento, florescimento-formação do grão e formação do grão-maturação. Com base nestes parâmetros utilizamos as informações a seguir:

Tabela 1. Resumo dos parâmetros utilizados na parametrização do modelo agrometeorológico-espectral.

PERÍODO	MÊS	DIA JULIANO	KY	KC
Maturação dos frutos	Abril	97		1
	Abril	113		1
	Maio	129		1
	Maio	145		1
	Junho	161	0,38	1
Repouso do cafeeiro	Julho	177	0,38	1
	Julho	193	0,38	1

	Agosto	209	0,38	1
	Agosto	225	0,38	1
	Setembro	241	0,61	1
	Setembro	257	0,61	1
	Outubro	273	0,61	1
Florada, chumbinho, e expansão dos frutos	Outubro	289	0,61	1
	Novembro	305	0,61	1
	Novembro	321	0,61	1
	Dezembro	337	0,18	1
	Dezembro	353	0,18	1
	Janeiro	1	0,18	1
	Janeiro	17	0,18	1
Granação dos frutos	Fevereiro	33	0,18	1
	Fevereiro	49	0,18	1
	Março	65		1
	Março	81		1

2.2. Evapotranspiração

Segundo ALLEN et al., 1998, o consumo de água de uma cultura pode ser expresso na forma de evapotranspiração (ET), que engloba a evaporação (E) e a transpiração (T). Normalmente se estima a evapotranspiração devido à dificuldade de se separar os processos de evaporação - perda de água diretamente das superfícies para a atmosfera - e transpiração - perda de água dos organismos vegetais e animais para a atmosfera. A evapotranspiração é considerada como potencial (ETP) quando ocorre a partir de uma superfície vegetada extensa e uniforme coberta por vegetação de porte baixo e bem suprida de água. Além da ETP do cultivo de interesse, determina-se também a evapotranspiração de referência (ET_o), que corresponde à demanda evaporativa da atmosfera e pode ser satisfatoriamente estimada com dados meteorológicos. Deste modo, pode-se quantificar a deficiência hídrica através do déficit de evapotranspiração, ocorrido nas diferentes fases fenológicas do cafeeiro.

2.3. Estimativas de produtividade

O rendimento do café deve levar em consideração as condições térmicas, hídricas e de crescimento da biomassa ocorrida ao longo do crescimento da cultura. Para definição do melhor período para análise do modelo de estimativa de produtividade levamos em consideração o comportamento de produtividade desde o ano de 1990 a 2010, segundo os dados de Produção Agrícola do IBGE.

A linha de tendência foi gerada a partir das informações de produtividade para cada município analisado, no qual o cálculo foi dado pela seguinte equação: $y = mx + b$ onde m é a inclinação e b é a interseção. O R^2 é representado pela Equação 1, a seguir:

$$R^2 = 1 - \frac{SSE}{SST}$$

where

$$SSE = \sum (Y_i - \hat{Y}_i)^2$$

and

$$SST = \left(\sum Y_i^2 \right) - \frac{\left(\sum Y_i \right)^2}{n} \quad (1)$$

3. Resultados e Discussão

O modelo utilizado para este estudo foi testado através da aplicação de várias etapas. O método utilizado é da *Zona Agroecológica* (Modelo FAO), descrito por Doorenbos e Kassam (1994), para estimativa do rendimento máximo (produtividade potencial) de uma cultura. O *rendimento máximo* é obtido por uma variedade altamente produtiva e bem adaptada ao

respectivo ambiente de crescimento, em condições tais que não hajam limitações impostas nem por falta de água e nutrientes, e nem por ocorrência de pragas e moléstias (DOORENBOS; KASSAM, 1994). Esse método tem por base a proposta de De Wit (1965) para estimativa da *produtividade bruta* de matéria seca por uma cultura padrão, que hipoteticamente cobre todo o terreno, utilizando-se a radiação solar, local como único fator de restrição. Quando adaptado a culturas agrícolas, torna-se necessário introduzir correções para os processos de crescimento específico, que estão sob controle genético, e que dependem também de outros elementos do clima. A metodologia aqui descrita utiliza também as adaptações de Barbieri e Tuon (1992), que simplificam os cálculos, convertendo tabelas em equações, permitindo interpolações das tabelas originais.

A equação básica de estimativa da produtividade potencial da cultura padrão, para um período de n dias, considera a produção potencial bruta de matéria seca da cultura padrão (PPBP), que é limitada apenas pela disponibilidade de radiação solar. Essa produção bruta hipotética deve ser corrigida por fatores deflacionários adimensionais relativos à situação da cultura real. Por exemplo, pode haver potencialidade energética de produção, mas se não houver área foliar adequada, ou havendo variação da área foliar ao longo do ciclo, como realmente ocorre nas culturas, essa potencialidade energética sofre redução compatível com a realidade. Fica evidente a necessidade de considerar um fator de correção para o efeito do índice de área foliar, definido como CIAF. Como discutido, parte da matéria bruta é utilizada na respiração (perda de massa para manutenção e conversão), havendo necessidade também de introduzir um fator corretivo que leve isso em consideração; daí, a introdução de um coeficiente CR.

Para a aplicação desse modelo, primeiramente considera-se a fração de cobertura vegetal, calculado como segue na Equação 2:

$$FCV = 0,9101 * EVI - 0,0857 \quad (2)$$

em seguida, adotou-se a Equação 3, para o cálculo do índice de área foliar:

$$LAI = -2 * Ln(1 - FVC) \quad (3)$$

após esse procedimento foi realizada a correção para o índice de área foliar (CIAF). Para a cultura hipotética padrão, De Wit (1965) considerou IAF = 5, isto é, com cobertura total do terreno e máxima captação de radiação solar, durante todo o ciclo. Nessa situação hipotética, não há necessidade de correção para IAF e o CIAF = 1. Em uma cultura real, em que o IAF varia continuamente desde a semeadura até a maturação, esse fato é considerado atribuindo-se uma correção, que varia em função do IAF máximo (IAF_{máx}) atingido durante o cultivo. Os valores de CIAF são dados pela relação como na Equação 4, a seguir:

$$CIAF = 0,0093 + 0,185 IAF_{máx} - 0,0175 IAF_{máx}^2 \quad (IAF_{máx} \leq 5, CIAF = 0,5) \quad (4)$$

A correção para a respiração (CR), também deve ser considerada, pois durante a fotossíntese e o crescimento, parte dos carboidratos é consumida no processo de fotorrespiração, e parte na manutenção dos tecidos (respiração de manutenção). Esse consumo é fortemente dependente da temperatura ambiente, havendo relação direta entre temperatura e respiração. Assim, é necessário considerar-se esse efeito na estimativa, introduzindo-se o fator de correção CR, com os seguintes valores (Equação 5):

$$\begin{aligned} CR &= 0,6 \text{ para } T < 20^\circ\text{C} \text{ (a)} \\ CR &= 0,5 \text{ para } T \geq 20^\circ\text{C} \text{ (b)} \end{aligned} \quad (5)$$

Em seguida foi realizada a determinação de cT_c e cT_n . A produção bruta de matéria seca varia com a espécie, pelo tipo de mecanismo de fixação de carbono, e com a temperatura

ambiente, em função de sua adaptação climática. Os fatores de correção cTn e cTc , originalmente dados em tabelas, com valores discretos de temperatura, a intervalos de 5°C, foram convertidos em polinômios por Barbieri e Tuon (1992). Esses ajustes, descritos abaixo, permitem interpolações, facilitando as estimativas em planilhas de cálculo.

Para simplificar a estimativa, as espécies de interesse agrícola foram agrupadas, de forma genérica, em grandes grupos quanto a esses aspectos, definindo-se os seguintes agrupamentos básicos:

GRUPO I - Plantas C3 de inverno (alfafa, feijão, trigo, ervilha, batata, repolho, etc.)	
Para T entre 15 e 20°C	Para T < 15°C ou T > 20°C
$cTn = 0,7 + 0,035 T - 0,001 T^2$ (a)	$cTn = 0,25 + 0,0875 T - 0,0025 T^2$ (c)
$cTc = 0,25 + 0,0875 T - 0,0025 T^2$ (b)	$cTc = -0,5 + 0,175 T - 0,005 T^2$ (d)

GRUPO II - Plantas C3 de verão (algodão, amendoim, arroz, girassol, tomate, soja, citros, etc.)	
Para T entre 16,5 e 37°C	Para T < 16,5°C ou T > 37°C
$cTn = 0,583 + 0,014 T + 0,0013 T^2 - 0,000037 T^3$ (a)	$cTn = -0,0425 + 0,035 T + 0,00325 T^2 - 0,0000925 T^3$ (c)
$cTc = -0,0425 + 0,035 T + 0,00325 T^2 - 0,0000925 T^3$ (b)	$cTc = -1,085 + 0,07 T + 0,0065 T^2 - 0,000185 T^3$ (d)

Realizado o fator de correção, parte-se para a determinação da produção bruta de matéria seca (PPBP) que leva em consideração a presença ou ausência de nuvens, pois elas alteram a quantidade e a qualidade da radiação solar incidente, sendo que a eficiência de aproveitamento da energia radiante pelas folhas é diferente nessas duas situações. Como durante um dia quase sempre ocorre nebulosidade, a PPBP será composta por um componente devido ao período nublado (PPBn), mais outro devido ao período de céu claro (PPBc), ou seja (Equação 6):

$$PPBP = PPBn + PPBc \text{ [ton ha}^{-1} \text{ decendial}^{-1}] \tag{6}$$

Por esse motivo, é fundamental conhecer o número de horas de brilho solar (n) durante o período de estimativa. O método define PPBn e PPBc com as seguintes relações (Equação 7):

$$PPBn = (31,7 + 0,219 Qo) cTn (1 - n / N) \text{ [ton ha}^{-1} \text{ decendial}^{-1}]$$

$$PPBc = (107,2 + 0,36 Qo) cTc n / N \text{ [ton ha}^{-1} \text{ decendial}^{-1}] \tag{7}$$

em que: Qo é a irradiância solar global extraterrestre, em cal cm⁻² d⁻¹ (Tabela 2);
 cTn é a correção devido à temperatura; e
 N é o fotoperíodo (Tabela 3).

Tabela 2. Valores de Qo (cal cm⁻² d⁻¹) para diversas latitudes do Hemisfério Sul, no dia 15 de cada mês. Fonte: Pereira et al. (2002).

LAT Sul	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
0°	883	916	927	898	867	816	825	866	904	922	873	870
2°	901	927	929	890	850	796	807	853	901	929	889	890
4°	919	937	929	880	833	776	787	839	896	934	903	909
6°	935	946	928	869	814	754	767	825	891	939	917	927
8°	951	953	926	857	795	732	747	810	884	942	929	944
10°	965	960	924	844	775	710	725	793	876	945	940	961
12°	979	966	919	830	754	686	703	776	868	946	951	976
14°	991	970	914	815	732	662	680	758	858	946	960	990
16°	1003	973	908	799	710	638	656	739	847	945	968	1004
18°	1013	975	901	782	687	613	632	719	835	942	976	1016
20°	1023	976	892	764	663	587	607	698	822	939	982	1027
22°	1031	976	882	746	638	561	582	677	808	935	987	1038

24°	1039	975	872	726	613	534	556	655	793	929	991	1047
26°	1045	973	860	706	588	507	530	632	777	922	994	1055
28°	1050	969	847	684	561	480	503	609	760	914	996	1063

Tabela 3. Duração máxima da insolação diária (Fotoperíodo – N), em horas, no 15º dia de cada mês, em latitudes compreendidas pelo território brasileiro. Fonte: Pereira et al. (2002).

LAT Sul	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
0°	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0
2°	12.1	12.1	12.0	11.9	11.9	11.9	11.9	11.9	12.0	12.0	12.1	12.1
4°	12.2	12.1	12.0	11.9	11.8	11.8	11.8	11.9	12.0	12.1	12.2	12.2
6°	12.3	12.2	12.0	11.9	11.7	11.6	11.7	11.8	12.0	12.1	12.3	12.3
8°	12.4	12.2	12.0	11.8	11.6	11.5	11.6	11.7	12.0	12.2	12.4	12.5
10°	12.5	12.3	12.1	11.8	11.5	11.4	11.5	11.7	11.9	12.2	12.5	12.6
12°	12.6	12.4	12.1	11.7	11.4	11.3	11.4	11.6	11.9	12.3	12.6	12.7
14°	12.7	12.4	12.1	11.7	11.3	11.2	11.2	11.5	11.9	12.3	12.7	12.8
16°	12.8	12.5	12.1	11.6	11.2	11.0	11.1	11.5	11.9	12.4	12.8	12.9
18°	13.0	12.6	12.1	11.6	11.1	10.9	11.0	11.4	11.9	12.4	12.9	13.1
20°	13.1	12.6	12.1	11.5	11.0	10.8	10.9	11.3	11.9	12.5	13.0	13.2
22°	13.2	12.7	12.1	11.5	10.9	10.7	10.8	11.2	11.9	12.5	13.1	13.3
24°	13.3	12.8	12.2	11.4	10.8	10.5	10.6	11.2	11.8	12.6	13.2	13.5
26°	13.5	12.9	12.2	11.4	10.7	10.4	10.5	11.1	11.8	12.6	13.3	13.6
28°	13.6	13.0	12.2	11.3	10.6	10.2	10.4	11.0	11.8	12.7	13.4	13.8
30°	13.7	13.0	12.2	11.3	10.5	10.1	10.2	10.9	11.8	12.7	13.5	13.9
45°	14.1	13.3	12.3	11.1	10.2	9.7	9.9	10.7	11.8	12.9	13.9	14.3

Finalmente, a produtividade potencial da cultura real (PPR) é representada pela Equação 8:

$$PPR = PPBP \cdot CIAF \cdot CR \cdot ND \text{ [ton ha}^{-1}\text{]} \quad (8)$$

em que: PPBP é a produção bruta de matéria seca de uma cultura padrão, expressa em kg MS ha⁻¹ d⁻¹; e ND é o número de dias do período considerado.

Após todas as etapas, o índice de penalização é calculado como segue a Equação 9:

$$Yest = PPR / (1 - ky * (1 - ETr / ETP)) * (1 / (1 - (ky_0 * (1 - (EVI_{med} / EVI_{max})))))) \quad (9)$$

onde: Yest = produtividade estimada (ton/ha⁻¹)

PPR = produtividade potencial real calculada (ton/ha⁻¹)

Ky₀ = coeficiente de penalização da safra do ano anterior

Ky = coeficiente de resposta da cultura à demanda hídrica durante as fases dos ciclos fenológicos

ETr = evapotranspiração real da cultura

ETP = evapotranspiração potencial da cultura

EVI_{med} = índice de vegetação médio

EVI_{max} = índice de vegetação máximo

Para a calibração deste modelo utilizou-se os dados da série temporal dos anos de 2003 a 2007. Os dados foram disponibilizados pelo Instituto Nacional de Meteorologia – INMET, e correspondem a dados decendiais das estações meteorológicas de Barreiras e Caravelas. Os resultados da aplicação desta equação resultaram para os municípios analisados, em uma equação de tendência linear. Esses resultados possibilitaram estimar a produtividade da produção para os anos de 2008 a 2010. A seguir a Tabela 4, mostra os resultados da aplicação

da equação do modelo de previsão de safra.

Tabela 4. Resultados do rendimento em toneladas por hectare para a estimativa do modelo de previsão de safra em função da produtividade potencial real para os municípios selecionados.

<i>Barreiras</i>			
Ano	IBGE(ton/ha)	Estimativa(ton/ha)	Diferença Estimativa/IBGE(ton/ha)
2008	2,47	2,25	-9%
2009	2,70	2,70	0%
2010	2,70	2,52	-7%
<i>Prado</i>			
Ano	IBGE(ton/ha)	Estimativa(ton/ha)	Diferença Estimativa/IBGE(ton/ha)
2008	1,92	1,65	-14%
2009	2,10	1,65	-21%
2010	1,80	1,65	-8%

O resultado do modelo agrometeorológico gerado com base na produtividade potencial real, estimou valores abaixo daqueles gerados pelos órgãos oficiais.

4. Conclusões

O modelo de estimativa de produtividade utilizado neste estudo, não obteve resultados satisfatórios quando comparados a outros modelos mais generalizantes, que em geral, aplicam-se bem a cultivos de áreas mais extensas, plantações de maior porte e de ciclo vegetativo regular.

É pouco prudente afirmar a existência de metodologias que não possam ser questionadas ou aprimoradas. Portanto, estudos que levam em consideração o índice de vegetação e o rendimento médio da produtividade apresentam-se como ferramenta de maior precisão, quando comparados aos dados divulgados pelos órgãos oficiais.

Agradecimentos

À Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB) pela disponibilização de recursos relacionados à pesquisa, e a toda a equipe da Gerência de Geotecnologia (GEOTE), pelo fornecimento dos dados georreferenciados de cultivo de café para os municípios analisados.

Referências Bibliográficas

- Allen, R. G. et al. **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO, 1998. 301p. (FAO Irrigation and drainage paper, n. 56).
- Amaral, G.M.; Souza, A.L.F.; Piffer, T. R. O.; Sousa, A.O.; Santos, E.C.; Souza, L.M.M.; Oliveira, C.C. **Uso da geotecnologia para o mapeamento da cultura do café na microrregião de Ariquemes no Estado de Rondônia**. In: XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2011, Curitiba. XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2011.
- Barbieri, V.; Tuon, R. L. **Metodologia para estimativa da produção potencial de algumas culturas**. Piracicaba: DFM / ESALQ / USP, 1992. 17p.
- Camargo, A. P.; Pereira, A. R. **Agrometeorology of the coffee crop**. Geneva, 1994. 43p. (WMO. TD, n. 615).
- De Wit, C. T. **Photosynthesis of leaf canopies**. Wageningen: Pudoc, 1965. 57p. (Agricultural Research Report 663).
- Doorenbos, J.; Kassam, A. H. **Efeito da água no rendimento das culturas**. Estudos FAO – Irrigação e Drenagem. n.33, 1994. 306p. (Traduzido por Gheyi, H. R. et al. - UFPB).

Pereira, A.R.; Angelocci, L. R.; Sentelhas, P. C. **Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas**. Guaíba: Agropecuária, 2002. 478p.

Picini, A.G. et al. **Desenvolvimento e teste de modelos agrometeorológicos para a estimativa de produtividade do cafeeiro**. Bragantia, Campinas, v. 58, n. 1, p. 157-170, 1999.

Piffer, T. R. O.; Amaral, G.M.; Campos, P.M.; Silva, R.A.B. **Mapeamento de áreas cultivadas**. In: Companhia Nacional de Abastecimento. (Org). Agricultura e Abastecimento Alimentar: políticas públicas e mercado agrícola. Brasília: Conab, 2009. cap.4, p.312-317.

Santos, E.C.; Souza, A.L.F.; Amaral, G.M.; Sousa, A.O.; Piffer, T. R. O.; Souza, L.M.M.; OLIVEIRA, C. C. **Mapeamento da cultura do café na microrregião de Afonso Cláudio Espírito Santo, com imagens de aerofotogrametria**. In: XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2011, Curitiba. XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2011.

Sousa, A.O.; Souza, A.L.F.; Amaral, G.M.; Piffer, T. R. O.; Santos, E.C.; Souza, L.M.M.; Oliveira, C.C. **Geoprocessamento e sensoriamento remoto como subsídio à previsão de safra de café no Extremo Oeste Baiano**. In: XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2011, Curitiba. XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2011.

Souza, L.M.M.; Souza, A.L.F.; Amaral, G.M.; Sousa, A.O.; Santos, E.C.; Piffer, T. R. O.; OLIVEIRA, C. C. **Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicados ao mapeamento das lavouras de café nas microrregiões de Ji Paraná, Vilhena e Colorado do Oeste em Rondônia**. In: XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2011, Curitiba. XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2011.