

Validação de modelos de estimativa de produtividade de milho, feijão, arroz e trigo no Brasil



*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Informática Agropecuária
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

Documentos 110

Validação de modelos de estimativa de produtividade de milho, feijão, arroz e trigo no Brasil

*Eduardo Delgado Assad
José Eduardo Boffino de Almeida Monteiro
Letícia da Costa Azevedo*

Embrapa Informática Agropecuária
Campinas, SP
2010

Embrapa Informática Agropecuária

Av. André Tosello, 209 - Barão Geraldo
Caixa Postal 6041 - 13083-886 - Campinas, SP
Fone: (19) 3211-5700 - Fax: (19) 3211-5754
www.cnptia.embrapa.br
sac@cnptia.embrapa.br

Comitê de Publicações

Presidente: *Silvia Maria Fonseca Silveira Massruhá*

Membros: *Poliana Fernanda Giachetto, Roberto Hiroshi Higa, Stanley Robson de Medeiros Oliveira, Maria Goretti Gurgel Praxedes, Adriana Farah Gonzalez, Neide Makiko Furukawa*

Membros suplentes: *Alexandre de Castro, Fernando Attique Máximo, Paula Regina Kuser Falcão*

Supervisor editorial: *Neide Makiko Furukawa*

Revisor de texto: *Adriana Farah Gonzalez*

Normalização bibliográfica: *Maria Goretti Gurgel Praxedes*

Editoração eletrônica: *Neide Makiko Furukawa*

Imagens da capa: *imagens livres disponíveis em <<http://www.stock.xchg>>*

Secretária: *Carla Cristiane Osawa*

1ª edição on-line 2010

Todos os direitos reservados.

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei no 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) Embrapa Informática Agropecuária

Assad, Eduardo Delgado.

Validação de modelos de estimativa de produtividade de milho, feijão, arroz e trigo no Brasil / Eduardo Delgado Assad, José Eduardo Boffino de Almeida Monteiro, Letícia da Costa Azevedo. - Campinas : Embrapa Informática Agropecuária, 2010.

108 p. : il. -- (Documentos / Embrapa Informática Agropecuária, ISSN 1677- 9274 ; 110).

1. Modelo de simulação. 2. Ferramenta 3. Monitoramento agro-meteorológico. 4. Geoprocessamento. I. Monteiro, José Eduardo Boffino de Almeida. II. Azevedo, Letícia Costa. III. Série.

003.3 CDD (21. ed.)

© Embrapa 2010

Autores

Eduardo Delgado Assad

Pós-Doutor em Engenharia Agrícola
Pesquisador da Embrapa Informática Agropecuária
Av. André Tosello, 209, Barão Geraldo
Caixa Postal 6041 - 13083-970 - Campinas, SP
Telefone: (19) 3211-5790
e-mail: assad@cnptia.embrapa.br

José Eduardo Boffino de Almeida Monteiro

Doutor, Engenheiro Agrônomo
Pesquisador da Embrapa Uva e Vinho
Rua Livramento 515,
Caixa Postal 130 - 95700-000 - Bento Gonçalves, RS
e-mail: monteiro@cnpuv.embrapa.br

Letícia da Costa Azevedo

Mestre em Fisiologia Vegetal
Consultora FUNARBE/Embrapa Informática Agropecuária
e-mail: letsdacosta@yahoo.com.br

Apresentação

A Embrapa Informática Agropecuária tem como missão viabilizar soluções de pesquisa, desenvolvimento e inovação em tecnologia de informação para a sustentabilidade da agricultura, em benefício da sociedade brasileira.

Ao longo dos anos foram desenvolvidos diversos sistemas especialistas que visam atender a demanda de alguns nichos e entidades relacionadas ao negócio agrícola. Dentre eles pode-se destacar o sistema de monitoramento agrometeorológico (www.agritempo.gov.br), o sistema de diagnose virtual de doenças de plantas (<http://diagnose2.cnptia.embrapa.br/diagnose/>) e o sistema de previsão de safra de soja, desenvolvido para atender o projeto Geosafras da Conab, bem como o projeto do sistema de recomendação para adubação.

O sistema aqui apresentado, o WebAgritec, integra as potencialidades oferecidas pelos sistemas citados e agrega uma série de funcionalidade inovadoras. Foi desenvolvido como uma ferramenta de suporte à decisão e transferência de tecnologia com as melhores indicações técnicas que a Embrapa tem atualmente. É a integração dos sistemas desenvolvidos pela Embrapa Informática Agropecuária, com o conhecimento e as tecnologias desenvolvidas pelas unidades Embrapa Transferência de Tecnologia, Embrapa Milho e Sorgo, Embrapa Soja, Embrapa Hortaliças, Embrapa Trigo, Embrapa Arroz e Feijão, Embrapa Cerrados, Embrapa Mandioca e Fruticultura, Embrapa Semi Árido, Embrapa Amazônia Oriental, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (ESALQ), Universidade Estadual de Campinas (Unicamp).

Este trabalho teve por objetivo o desenvolvimento e a parametrização de um modelo para a estimativa de produtividade de milho, feijão, arroz e trigo nas diferentes regiões do Brasil, em escala municipal. Através da integração de modelos de simulação de crescimento e de desenvolvimento de culturas, bases de dados de clima e de solo, prognósticos de tempo e de clima, técnicas de análise regional e ferramentas de geoprocessamento, acoplados a um serviço eficiente de monitoramento agrometeorológico, foi possível produzir um eficiente sistema de monitoramento da produtividade das culturas de milho, feijão, arroz e trigo em escala local e regional.

Kleber Xavier Sampaio de Souza

Chefe-Geral

Embrapa Informática Agropecuária

Sumário

1	Introdução	9
1.1	WebAgritec.....	9
1.2	Modelos de estimativa de produtividade.....	10
2	Material e métodos	12
2.1	Dados de produtividade	13
2.2	Datas de plantio	13
2.2.1	Milho e feijão	13
2.2.2	Arroz e trigo	16
2.3	Cálculo do balanço hídrico.....	22
2.4	Parâmetros de cultivos.....	22
2.5	Produtividade potencial.....	27
2.6	Produtividade real	28
2.7	Calibração do modelo e análise dos resultados	28
3	Resultados	29
3.1	Milho.....	29
3.1.1	Dados de produtividade de milho no Brasil	29
3.1.2	Produtividade potencial tecnológica estimada	35
3.1.3	Resultados do modelo - produtividade estimada	35
3.2	Feijão	44
3.2.1	Dados de produtividade de feijão no Brasil	44
3.2.2	Produtividade Potencial Tecnológica estimada	48
3.2.3	Resultados do Modelo - Produtividade estimada	49
3.3	Arroz.....	60
3.3.1	Dados de produtividade de arroz no Brasil.....	60
3.3.2	Produtividade Potencial Tecnológica estimada	65
3.3.3	Resultados do Modelo - Produtividade estimada	66

3.4	Trigo	74
3.4.1	Dados de produtividade de trigo no Brasil.....	74
3.4.2	Produtividade Potencial Tecnológica estimada	80
3.4.3	Resultados do Modelo - Produtividade estimada	80
4	Conclusões	86
5	Referências	86
6	Literatura recomendada	89
7	Anexos	91
7.1	Anexo 1	91
7.2	Anexo 2	97

Validação de modelos de estimativa de produtividade de milho, feijão, arroz e trigo no Brasil

Eduardo Delgado Assad

José Eduardo Boffino de Almeida Monteiro

Letícia da Costa Azevedo

1 Introdução

1.1 WebAgritec

A Embrapa Informática Agropecuária produz anualmente uma vasta gama de informação tanto bibliográfica, de natureza técnico-científica, quanto referencial. No entanto, as mudanças ocorridas na sociedade devido aos impactos das novas tecnologias de informação e de comunicação exigem da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) novos procedimentos para organização da informação disponível, de forma que resulte em efetiva transferência de tecnologia. Some-se a isso do fato de que a Embrapa Transferência de Tecnologia gerencia, hoje, uma vasta carteira de clientes, desde produtores rurais a cooperativas, que demandam continuamente por novas informações e tecnologias para garantir a evolução de seus negócios.

Através da integração de modelos de simulação de crescimento e de desenvolvimento de culturas, bases de dados de clima e de solo, prognósticos de tempo e de clima, técnicas de análise regional e ferramentas de geoprocessamento, acoplados a um serviço eficiente de monitoramento agrometeorológico, é possível produzir um eficiente sistema de monitoramento da produtividade das culturas em escala local e regional.

A Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB) e o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) são atualmente os órgãos responsáveis pelo levantamento de dados, organização, análises e divulgação da safra brasileira. As dificuldades logísticas e os avanços metodológicos necessários para o aumento da eficiência das previsões já são bem conhecidos, e o Brasil dispõe de conhecimento e tecnologia para a consecução de uma previsão objetiva e atendendo a critérios técnico-científicos rigorosos.

O projeto WebAgritec teve como objetivo desenvolver uma infraestrutura, concretizada na forma de um website, que integrará esses sistemas citados para tornar disponível uma ferramenta de suporte à decisão e transferência de tecnologia para vários cultivos, com as melhores indicações técnicas que a Embrapa tem atualmente, de modo a subsidiar os agricultores, agrônomos, técnicos agrícolas e cooperativas em suas decisões.

1.2 Modelos de estimativa de produtividade

A estimativa da produção agrícola e o conhecimento de sua distribuição no espaço geográfico brasileiro são de extrema importância para o planejamento estratégico do Estado. Tais informações são fundamentais para a formulação de políticas públicas, para a organização da logística de distribuição e para a segurança alimentar, além de atuar como importante fator na formação de preços nos mercados interno e externo (Figueiredo, 2005). Estimativas de produtividade podem ser realizadas previamente à semeadura, como também durante o crescimento e desenvolvimento da cultura. Essa informação é de extrema importância para proprietários rurais, pois pode ser usada na tomada de decisões de manejo da cultura ao longo do seu ciclo de desenvolvimento (HOOGENBOOM, 2000).

Informações sobre a produção e a produtividade agrícola brasileira podem ser obtidas a partir dos levantamentos das safras agrícolas realizadas da Conab e pelo IBGE. Esses levantamentos são feitos por meio de entrevistas com produtores rurais, agrônomos e técnicos de cooperativas, Secretarias de Agricultura, órgãos de Assistência Técnica e Extensão Rural. Tal metodologia sempre dependeu de um processo demorado e, até certo ponto, subjetivo, no levantamento e consolidação e análises dos dados de campo. Isso dificulta o emprego dessas informações durante a

safrá, seja para medidas de políticas públicas pré e pós-colheita, seja para decisões de manejo por parte dos produtores ou cooperativas. Por outro lado, Sistemas de Monitoramento Agrometeorológico (SMA) permitem o acompanhamento, em tempo real, das condições meteorológicas nas regiões produtoras. Os Sistemas de Monitoramento Agrometeorológico associados a modelos de produtividade permitem quantificar os impactos das condições do tempo na produtividade agrícola também em tempo real, em diferentes fases do desenvolvimento da cultura.

A estimativa de produtividade com base em modelos agrometeorológicos é complexa, especialmente quando se pretende realizar estimativas em municípios, regiões ou estados diferentes, onde ocorre, naturalmente, uma grande diversidade de condições edáficas, microclimáticas, sistemas de produção e níveis tecnológicos. Modelos de produtividade e simulação agrícola podem ser entendidos como equações matemáticas, empíricas ou mecanísticas, que visam simplificar a realidade e representar o acúmulo de biomassa e o desenvolvimento das plantas, para antever sua produtividade em função dos fatores influentes (ACOCK; ACOCK, 1991; CHEEROO-NAYAMUTH, 1999; PASSIOURA, 1996; PEDERSEN; LAUER, 2002).

Muitos modelos para a estimativa de produtividade foram desenvolvidos baseados em parâmetros agrometeorológicos (DOORENBOS; KASSAM, 1979; FIGUEREDO JÚNIOR, 2004; JENSEN, 1968; JONES; KINIRY, 1986; MINHAS et al., 1974; STEWART et al., 1977; WIT, 1965). Estudos que envolvem o fator hídrico foram realizados pra ajustar o melhor modelo em determinadas regiões do Brasil para a cultura do milho (ANDRADE JÚNIOR et al., 2006; BONNECARRÈRE et al., 2007; SOLER, 2004).

A maioria dos métodos de estimativa deriva das bases dos modelos propostos por Jensen (1968) e Doorenbos e Kassam (1979), que relacionam a depleção da produtividade de uma cultura à sensibilidade desta ao estresse hídrico, nas várias fases de desenvolvimento das plantas. Ambos são compostos por dois módulos para estimativa da produtividade – um que trata do potencial produtivo regional (Pp) e outro que estima a produtividade real (Pr) – e são mais indicados para aplicações em escala macroclimática (BERKA et al., 2003; FERRAUDO et al., 1995; FONTANA et al., 2001; MORAES et al., 1998). Esses métodos são amplamente estudados e utilizados com sucesso em diversas regiões do globo devido, principalmente, à sua relativa simplicidade e boa exatidão das estimativas geradas.

A maior limitação para qualquer modelo de produtividade de culturas é que a produtividade média real é bastante variável de um local para outro, a depender do nível tecnológico empregado na produção. No caso da cultura de milho, por exemplo, dados do IBGE das safras dos últimos anos indicam municípios brasileiros com produtividade média superior a $9.000 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ enquanto outros abaixo de $500 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ (IBGE, 2010), mesmo dentro de uma mesma região homogênea, com as mesmas características edafoclimáticas e, portanto, mesma produtividade potencial. Essa enorme diferença de produtividade em ambientes similares, ou seja, com ofertas ambientais parecidas, resulta das significativas variações nas práticas agronômicas adotadas, mais adequadas nas regiões de alta produtividade e deficientes nas de baixa. Isso inviabiliza a estimativa da Pr a partir de uma Pp condicionada apenas pelas características da cultura e pelas condições ambientais, como o método das zonas agroecológicas (DOORENBOS; KASSAM, 1979), por exemplo, e requer o desenvolvimento de outra metodologia mais adequada.

Considerando a importância das culturas de milho, arroz, feijão e trigo para o agronegócio brasileiro, e a necessidade dos produtores rurais e agentes de governo de conhecer antecipadamente a quantidade produzida, este trabalho tem por objetivo desenvolver e testar um modelo agrometeorológico para a estimativa da produtividade ou quebra de produção para milho, arroz, feijão e trigo, com base na relação entre a produtividade relativa e as condições hídricas ocorridas nos diferentes estádios fenológicos da cultura, nas diferentes regiões do Brasil, em escala municipal.

2 Material e métodos

O modelo de estimativa de produtividade WebAgritec segue as bases teóricas dos modelos propostos por Doorenbos e Kassam (1979) e Jensen (1968) e que relacionam a depleção da produtividade à sensibilidade das culturas ao estresse hídrico, nas várias fases de desenvolvimento das plantas. Ambos são compostos por dois módulos para estimativa da produtividade – um que trata do potencial produtivo regional e outro que estima a produtividade real.

2.1 Dados de produtividade

O modelo foi calibrado com base nos dados de produtividade derivados das séries de produção e área colhida do IBGE nas safras de 2000/2001 a 2007/2008. Foram considerados os 5353, 5037, 5572 e 5547 municípios para milho, feijão, arroz e trigo respectivamente que apresentaram séries de produção e área plantada por, pelo menos, quatro safras ao longo dos anos estudados.

Os municípios foram agrupados em categorias, de acordo com a produtividade média das quatro últimas safras, de acordo com os intervalos a seguir:

- Milho: faixa 1, de 0 a 2000 kg.ha⁻¹; faixa 2, de 2001 a 4000 kg.ha⁻¹; faixa 3, de 4001 a 6000 kg.ha; faixa 4, de 6001 a 8000 kg.ha⁻¹; e faixa 5, de 8001 a 10000 kg.ha⁻¹;
- Feijão: faixa 1, de 0 a 1000 kg.ha⁻¹; faixa 2, de 1001 a 2000 kg.ha⁻¹; faixa 3, de 2001 a 3000 kg.ha⁻¹; e faixa 4, maior que 3000 kg.ha⁻¹;
- Arroz: faixa 1, de 0 a 2000 kg.ha⁻¹; faixa 2, de 2001 a 4000 kg.ha⁻¹; faixa 3, de 4001 a 6000 kg.ha⁻¹; faixa 4, de 6001 a 8000 kg.ha⁻¹; e faixa 5, maior que 8000 kg.ha⁻¹;
- Trigo: faixa 1 de 0 a 2000 kg.ha⁻¹; faixa 2 de 2001 a 3000 kg.ha⁻¹; faixa 4 de 4001 a 5000 kg.ha⁻¹, faixa 5 de maior que 5000 kg.ha⁻¹.

Cada grupo ou classe de produtividade foi analisado independentemente dos demais, a fim de se produzir uma parametrização própria para cada faixa de produtividade.

2.2 Datas de plantio

2.2.1 Milho e feijão

Foram consideradas 5 datas de plantio distribuídas ao longo dos períodos de plantio normais de cada Estado. Utilizando os dados de séries históricas de produção atualizadas anualmente pela Conab (CONAB, 2009), foi possível estabelecer a fração do total produzido oriundo da primeira e da segunda safra de milho (Tabela 1) e feijão (Tabela 2) de cada Estado (Anexo 2). Assim, nos Estados com produção anual subdividida em duas

Tabela 1. Datas de plantio mais prováveis e proporção de área total plantada em cada data, nos estados brasileiros produtores de milho.

Estado		1	2	3	4	5
AP	Data	15/jan	07/fev	22/fev	15/mar	-
	Ponderação	0,22	0,28	0,28	0,22	0
RR	Data	15/abr	07/mai	22/mai	15/jun	-
	Ponderação	0,22	0,28	0,28	0,22	0
AC-RO	Data	22/set	07/out	22/out	07/nov	-
	Ponderação	0,2	0,6	0,2	0	0
AM-PA	Data	15/out	15/nov	15/dez	-	-
	Ponderação	0,2	0,6	0,2	0	0
TO	Data	30/out	22/nov	07/dez	22/dez	-
	Ponderação	0,2	0,3	0,3	0,2	0
CE-MA-PI	Data	07/nov	22/nov	07/dez	22/dez	-
	Ponderação	0,2	0,3	0,3	0,2	0
PE-SE-AL-PB	Data	07/dez	22/dez	-	-	-
	Ponderação	0,5	0,5	0	0	0
BA	Data	30/out	22/nov	15/dez	15/abr	15/mai
	Ponderação	0,33	0,25	0,18	0,12	0,12
MG-CE	Data	30/out	22/nov	15/dez	-	-
	Ponderação	0,25	0,3	0,45	0	0
SP	Data	30/set	30/out	30/nov	30/jan	01/mar
	Ponderação	0,2	0,3	0,28	0,08	0,14
PR	Data	15/set	15/out	15/nov	15/fev	15/mar
	Ponderação	0,17	0,33	0,17	0,17	0,16
SC-RS	Data	15/set	07/out	22/out	15/nov	-
	Ponderação	0,2	0,3	0,3	0,2	0
MT	Data	30/out	30/nov	15/jan	07/fev	22/fev
	Ponderação	0,1	0,1	0,27	0,27	0,26
MS	Data	30/set	30/out	30/jan	15/fev	01/mar
	Ponderação	0,15	0,15	0,23	0,24	0,23
GO-DF	Data	07/nov	22/nov	30/jan	15/fev	01/mar
	Ponderação	0,15	0,15	0,23	0,24	0,23

Fonte: CONAB

Tabela 2. Datas de plantio mais prováveis e proporção de área total plantada em cada data, nos estados brasileiros produtores de feijão.

Estado		1	2	3	4	5
AM-AP-PA-AC- RR-RO-TO	Data	-	15/fev	01/mar	15/mar	-
	Ponderação	0	0,35	0,5	0,15	0
PB-RN	Data	-	15/fev	01/mar	15/mar	-
	Ponderação	0	0,35	0,5	0,15	0
CE	Data	-	15/jan	01/fev	15/fev	-
	Ponderação	0	0,4	0,45	0,15	0
MA	Data	15/nov	15/fev	01/mar	15/mar	-
	Ponderação	0,1	0,15	0,4	0,35	
PI	Data	15/nov	15/jan	01/fev	15/fev	-
	Ponderação	0,22	0,3	0,3	0,18	0
PE	Data	-	01/fev	22/fev	01/mai	22/mai
	Ponderação	0	0,35	0,3	0,2	0,15
SE-AL	Data	-	-	15/abr	01/mai	15/mai
	Ponderação	0	0	0,25	0,5	0,25
BA	Data	15/nov	07/dez	-	15/abri Irri*	07/mai Irri
	Ponderação	0,15	0,15	0	0,35	0,35
MG	Data	22/out	01/nov	15/fev	01/mar	22/mai
	Ponderação	0,2	0,2	0,18	0,18	0,24
ES	Data	01/out	22/out	15/fev	-	-
	Ponderação	0,19	0,19	0,62	0	0
MT	Data	15/nov	22/jan	07/fev	22/fev	01/abri Irri
	Ponderação	0,06	0,15	0,23	0,18	0,38
MS	Data	15/out	07/nov	01/mar	15/mar	01/abri Irri
	Ponderação	0,07	0,09	0,38	0,44	0,02
GO-DF	Data	15/out	07/nov	15/jan	01/mai Irri	22/mai Irri
	Ponderação	0,15	0,15	0,1	0,3	0,3
SP	Data	01/set	22/set	15/jan	01/fev	22/mai Irri
	Ponderação	0,21	0,22	0,12	0,12	0,33
PR	Data	01/set	15/set	01/out	01/mar	15/mar
	Ponderação	0,1	0,33	0,3	0,15	0,12
SC	Data	22/set	15/out	07/nov	07/fev	-
	Ponderação	0,1	0,3	0,3	0,3	0
RS	Data	01/set	22/set	15/jan	15/fev	-
	Ponderação	0,4	0,4	0,1	0,1	0

* Lavoura irrigada. Fonte: CONAB

safras, 3 datas de plantio foram distribuídas no período de plantio da safra de maior produção e 2 datas para o período de plantio da safra de menor produção. A ponderação se baseou no ajuste de uma curva de distribuição de frequência tendo como mediana o ponto central do intervalo de maior concentração de plantios, indicado pela Conab. Assim, o percentual ponderado de cada data é o resultado da duração do período total de plantio, da duração dos períodos parciais de maior concentração e menor concentração de plantios, e da distância entre datas de referência.

2.2.2 Arroz e trigo

Foram considerados os períodos de plantio normais de cada Estado utilizando os dados de séries históricas de produção atualizadas anualmente pela Conab (CONAB, 2009) para arroz (Figuras 1 e 2) e trigo (Figuras 3 e 4) (Anexo 2). Para representar a distribuição da área plantada de um estado, município ou uma área qualquer em que muitos produtores realizam seus plantios em datas diferentes, foi ajustada uma curva de distribuição de frequência Normal de área plantada (DFAP) ao período de plantio, coincidindo a máxima frequência da DFAP com a maior concentração de plantio (Figuras 1 e 3). Dessa forma, admitiu-se uma proporção de área plantada para cada dia dentro do período de plantio. Foi considerada uma única data de plantio, que corresponde ao início do período de plantios definido pela Conab, e o tamanho do período de plantio (dias ou quinzenas) (Tabelas 3 e 4).

CALENDÁRIO DE PLANTIO E COLHEITA
ARROZ

ESTADOS	FASE	21/06 a 23/09 Inverno			23/09 a 21/12 primavera			21/12 a 20/03 verão			20/03 a 21/06 outono													
		JUL 1ºQui 2ºQui 1ºQui 2ºQui	AGO 1ºQui 2ºQui 1ºQui 2ºQui	SET 1ºQui 2ºQui 1ºQui 2ºQui	OUT 1ºQui 2ºQui 1ºQui 2ºQui	NOV 1ºQui 2ºQui 1ºQui 2ºQui	DEZ 1ºQui 2ºQui 1ºQui 2ºQui	JAN 1ºQui 2ºQui 1ºQui 2ºQui	FEV 1ºQui 2ºQui 1ºQui 2ºQui	MAR 1ºQui 2ºQui 1ºQui 2ºQui	ABR 1ºQui 2ºQui 1ºQui 2ºQui	MAI 1ºQui 2ºQui 1ºQui 2ºQui	JUN 1ºQui 2ºQui 1ºQui 2ºQui											
RORAIMA	PLAN.																							
	COL.			C	C																		P	P
RONDONIA	PLAN.																							
	COL.																							
ACRE	PLAN.																							
	COL.																							
AMAZONAS	PLAN.																							
	COL.																							
AMAPÁ	PLAN.																							
	COL.																							
PARÁ	PLAN.																							
	COL.																							
TOCANTINS	PLAN.																							
	COL.																							
MARANHÃO	PLAN.																							
	COL.																							
PIAUÍ	PLAN.																							
	COL.																							
CEARÁ	PLAN.																							
	COL.																							
RIO G. DO NORTE	PLAN.																							
	COL.																							
PARAÍBA	PLAN.																							
	COL.																							
PERNAMBUCO	PLAN.																							
	COL.																							

Continua...

Figura 1. Calendário de plantio e colheita de arroz nos estados brasileiros.

Fonte: CONAB.

ESTADOS	FASE	21/06 a 23/09 Inverno												23/09 a 21/12 primavera												21/12 a 20/03 verão												20/03 a 21/06 outono											
		JUL		AGO		SET		OUT		NOV		DEZ		JAN		FEV		MAR		ABR		MAI		JUN																									
		1ºQui	2ºQui	1ºQui	2ºQui	1ºQui	2ºQui	1ºQui	2ºQui	1ºQui	2ºQui	1ºQui	2ºQui	1ºQui	2ºQui	1ºQui	2ºQui	1ºQui	2ºQui	1ºQui	2ºQui	1ºQui	2ºQui																										
ALAGOAS	PLAN.								P	P																																							
	COL.																																																
SERGIPE	PLAN.									P																																							
	COL.																																																
BAHIA	PLAN.									P	P																																						
	COL.																																																
MATO GROSSO	PLAN.									P	P																																						
	COL.																																																
MATO G. DO SUL	PLAN.								P	P																																							
	COL.																																																
GOIÁS	PLAN.									P	P																																						
	COL.																																																
D. FEDERAL	PLAN.									P	P																																						
	COL.																																																
MINAS GERAIS	PLAN.									P	P																																						
	COL.																																																
ESPIRITO SANTO	PLAN.																																																
	COL.																																																
RIO DE JANEIRO	PLAN.									P	P																																						
	COL.																																																
SÃO PAULO	PLAN.									P	P																																						
	COL.																																																
PARANÁ	PLAN.									P	P																																						
	COL.																																																
SANTA CATARINA	PLAN.									P	P																																						
	COL.																																																
RIO G. DO SUL	PLAN.									P	P																																						
	COL.																																																

Legenda: plantio colheita colheita intensa
P plantio intenso C colheita intensa

Ciclo: 105 a 135 dias.

Fonte: CONAB/SUINF/GEASA

Figura 1. Continuação.

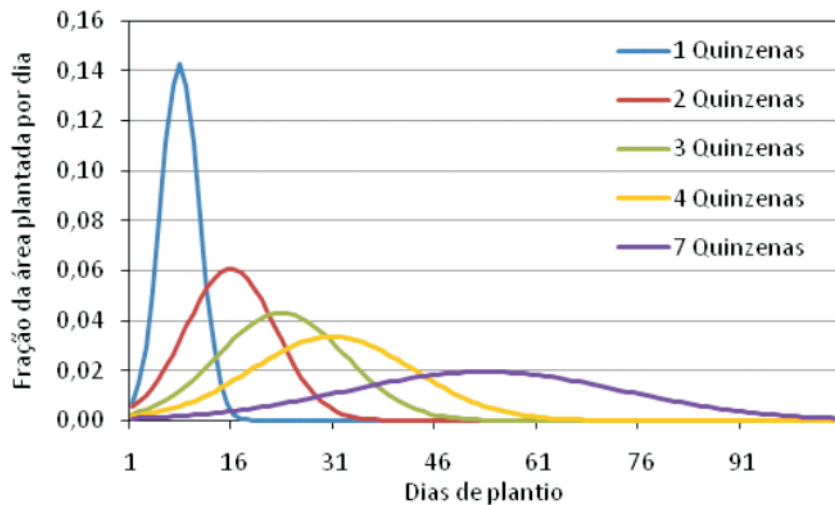


Figura 2. Fração de área plantada em cada dia de plantio para períodos de 1, 2, 3, 4 e 7 quinzena da cultura do arroz.

ESTADOS	FASE	CALENDRÁRIO DE PLANTIO E COLHEITA TRIGO																							
		21/06 a 23/09 inverno						23/09 a 21/12 primavera						21/12 a 20/03 verão						20/03 a 21/06 outono					
		JUL.	AGO.	SET.	OUT.	NOV.	DEZ.	JAN.	FEV.	MAR.	ABR.	MAI.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OUT.	NOV.	DEZ.	JAN.	FEV.	MAR.	ABR.	MAI.	JUN.
		1ºQui 2ºQui	1ºQui 2ºQui	1ºQui 2ºQui	1ºQui 2ºQui	1ºQui 2ºQui	1ºQui 2ºQui	1ºQui 2ºQui	1ºQui 2ºQui	1ºQui 2ºQui	1ºQui 2ºQui	1ºQui 2ºQui	1ºQui 2ºQui	1ºQui 2ºQui	1ºQui 2ºQui	1ºQui 2ºQui	1ºQui 2ºQui	1ºQui 2ºQui	1ºQui 2ºQui	1ºQui 2ºQui	1ºQui 2ºQui	1ºQui 2ºQui	1ºQui 2ºQui	1ºQui 2ºQui	
MATO G. DO SUL	PLAN.																								
	COL.		C	C																			P	P	
	PLAN.																								
GOIÁS	PLAN.																								
	COL.			C	C																			P	
DISTRITO FEDERAL	PLAN.																								
	COL.			C	C																			P	
MINAS GERAIS	PLAN.																								
	COL.		C	C																				P	
SÃO PAULO	PLAN.																								
	COL.			C	C																			P	
PARANÁ	PLAN.																								
	COL.			C	C																			P	
SANTA CATARINA	PLAN.																								
	COL.														C	C								P	
	PLAN.																								
	COL.														C	C								P	
RIO G. DO SUL	PLAN.																								
	COL.																							P	
	PLAN.																								
	COL.																							P	

Ciclo: 120 a 135 dias.

Legenda: P: plantio
P: plantio intenso
C: colheita
C: colheita intensa

Fonte: CONAB/SUINF/GEASA

Figura 3. Calendário de Plantio e colheita de trigo nos Estados brasileiros.

Fonte: CONAB.

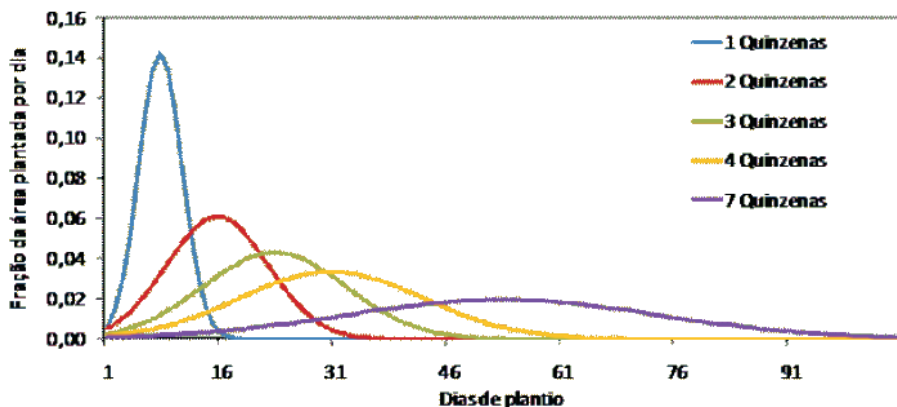


Figura 4. Fração de área plantada em cada dia de plantio para períodos de 1, 2, 3, 4 e 7 quinzenas da cultura do trigo.

Tabela 3. Data de início do período de plantio de arroz e número de quinzenas do período em cada Estado produtor de arroz.

Estado	Data de início do período de plantios	Duração do período de plantios (em quinzenas)
AL-SE	20/set	6
PA-MA-PI	20/nov	6
RR	05/abr	6
AP-PE	05/jan	6
RJ-ES	20/out	6
RO-AC-AM-MT-SP-PR-RS	05/out	6
MS-SC	05/set	6
MG-GO-DF-BA-TO	05/fev	4

Tabela 4. Data de início do período de plantio de trigo e número de quinzenas do período em cada Estado produtor de trigo.

Estado	Data de início do período de plantios	Duração do período de plantios (em quinzenas)
MS	20/Mar	6
GO-DF	05/abr	4
MG	05/mar	6
SP	05/abr	6
PR	20/abr	6
RS-SC	20/mai	6

2.3 Cálculo do balanço hídrico

Os cálculos de balanço hídrico utilizam a base de dados diários de temperatura máxima e mínima do ar e chuva, provenientes de 1.053 estações meteorológicas espalhadas por todo território nacional, pertencentes a diversas instituições governamentais ou privadas, em acordo com o Sistema de Monitoramento Agrometeorológico (Agritempo), que disponibiliza os dados meteorológicos diariamente.

A evapotranspiração real da cultura (ET_r) foi determinada pelo balanço hídrico seqüencial de acordo com o método de THORNTHWAITE & MATHER (1955).

Em função da impossibilidade de se inferir com precisão a capacidade de água disponível (CAD) mais realista para cada município brasileiro, foi utilizado um valor médio de 50 mm, 30 mm, 35 mm e 40 mm normalmente utilizado para milho, feijão, arroz e trigo respectivamente, em solos de textura média nas notas técnicas do Zoneamento Agrícola. Em algumas localidades foi testado o mesmo cálculo do B.H. feito com CAD variável em função do desenvolvimento radicular esperado da cultura. Como não houve melhora nos resultados de estimativa de produtividade nos testes realizados, optou-se por permanecer a forma mais simples, com CAD fixo.

2.4 Parâmetros de cultivos

O coeficiente de cultura (k_c) e o coeficiente de resposta a deficiência hídrica (k_y), são coeficientes que podem ser obtidos a partir de estudos realizados em diversas condições e cultivares. Foram utilizados valores médios obtidos na literatura e normalmente utilizados como referência para K_c e K_y .

Para a utilização desses coeficientes organizados por fases fenológicas na escala diária, foi ajustado um modelo para os cálculos dos mesmos com base no número de dias após a emergência (Equações 1 e 2; Figuras 5 a 12).

A equação 1 foi utilizada para o cálculo do K_c diário, em que K_{cmax} é o valor máximo do K_c atingido pela cultura, DAE corresponde a dias após a emergência, DAE_x corresponde ao dia em que K_{cmax} ocorre, a e b são

$$K_c = K_c \max * EXP \left\{ -0,5 * \left[\frac{\left(\frac{DAE}{10} - DAEx \right)^a}{b} \right] \right\} \quad (1)$$

$$K_y = K_y \max * EXP \left\{ -0,5 * \left[\frac{\left(\frac{DAE}{10} - DAEx \right)^a}{b} \right] \right\} \quad (2)$$

parâmetros da equação, respectivamente 2,2 e 6,0. A equação 2 foi utilizada para o cálculo do K_y diário, em que $K_{y\max}$ é o valor máximo do K_y apresentado pela cultura, DAE corresponde a dias após a emergência, $DAEx$ corresponde ao dia em que $K_{y\max}$ ocorre, a e b são parâmetros da equação, respectivamente 2,3 e 2,0

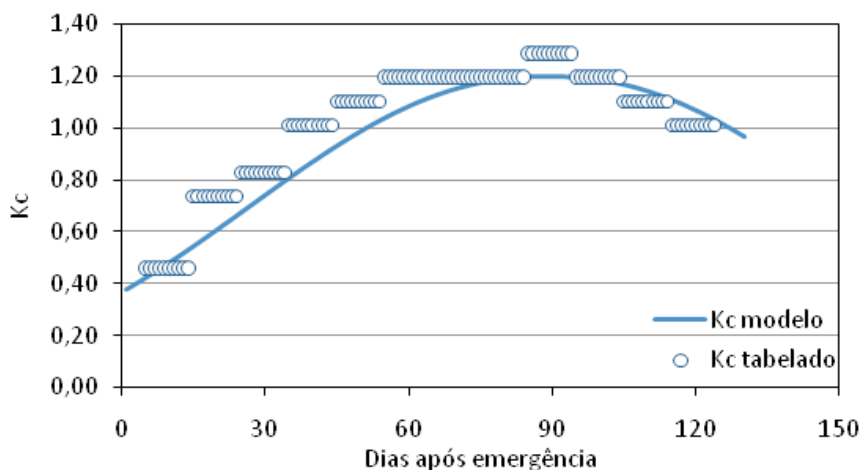


Figura 5. Coeficiente de cultivo (K_c) em função do desenvolvimento fenológico da cultura do milho. K_c tabelado.

Fonte: Bergamaschi e Matzenauer (2009).

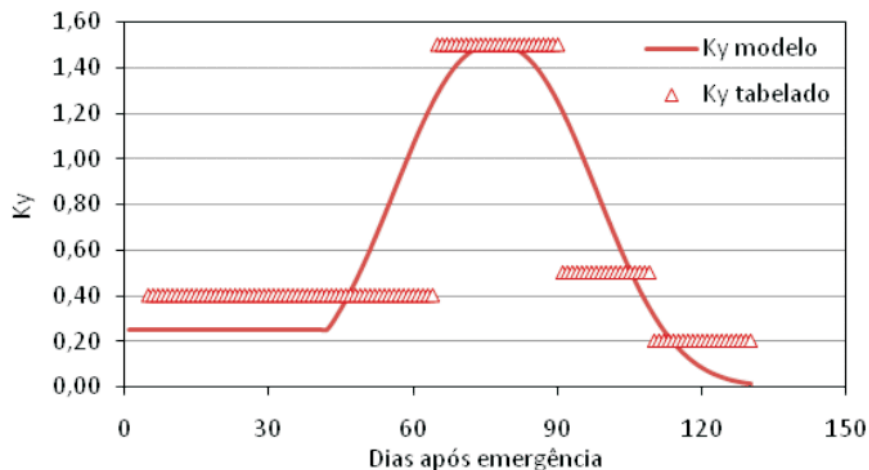


Figura 6. Coeficiente de resposta (K_y) em função do desenvolvimento fenológico da cultura do milho. K_y tabelado.

Fonte: Doorenbos e Kassam (1994).

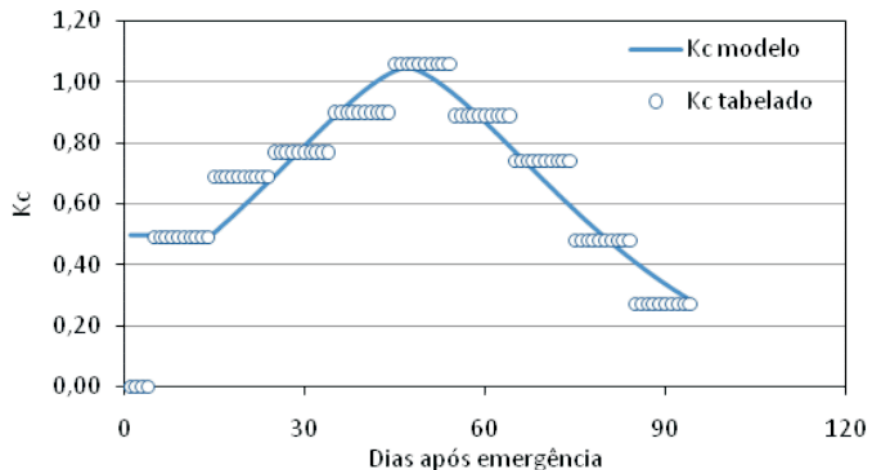


Figura 7. Coeficiente de cultivo (K_c) em função do desenvolvimento fenológico da cultura do feijão. K_c tabelado.

Fonte: Stone e Silva (1999).

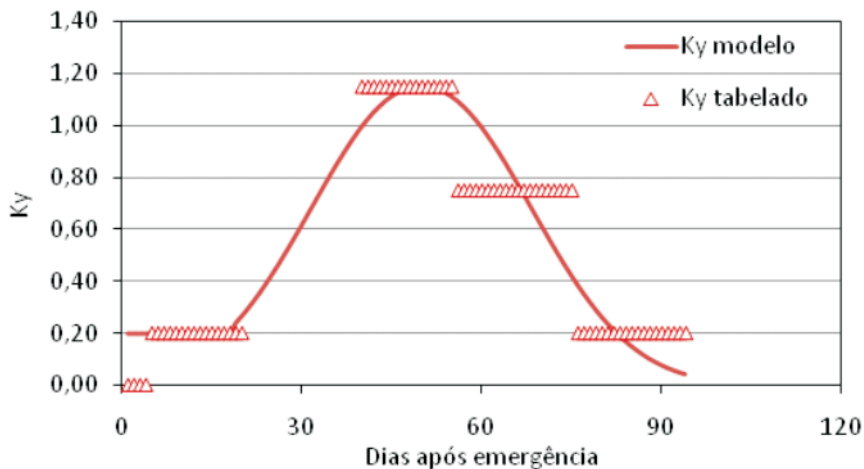


Figura 8. Coeficiente de resposta (K_y) em função do desenvolvimento fenológico da cultura do feijão. K_y tabelado.

Fonte: Doorenbos e Kassam (1994).

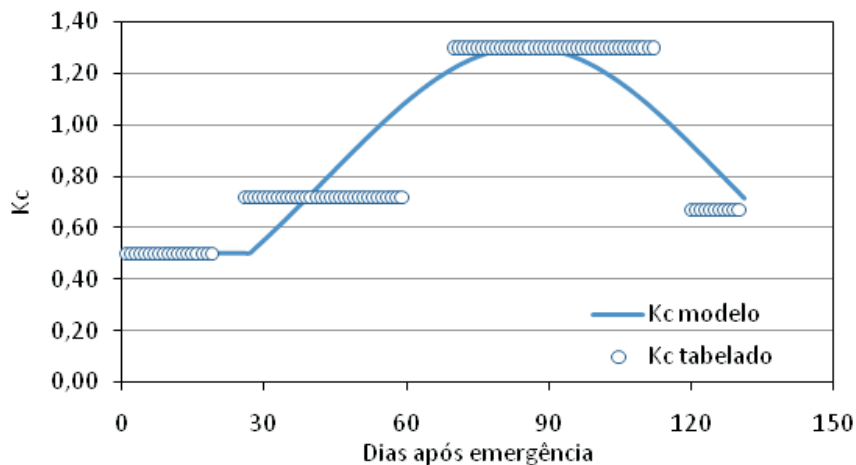


Figura 9. Coeficiente de cultivo (K_c) em função do desenvolvimento fenológico da cultura do feijão. K_c tabelado.

Fonte: Adaptado de Heinemann et al. 2009.

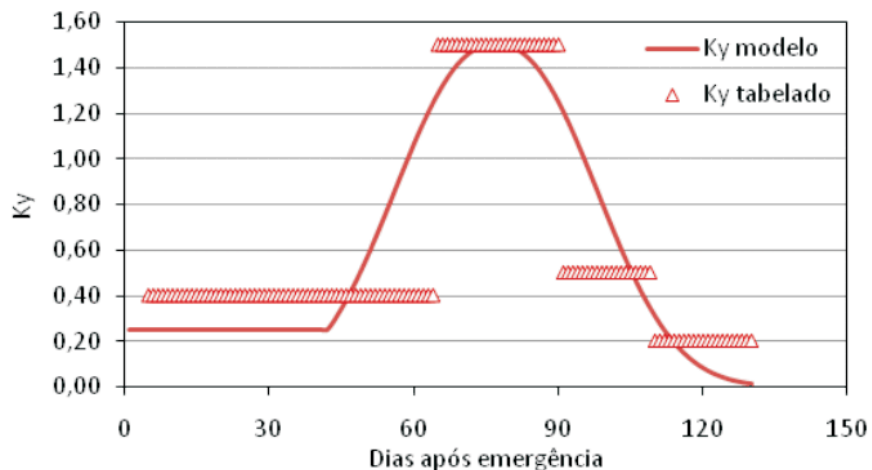


Figura 10. Coeficiente de resposta (K_y) em função do desenvolvimento fenológico da cultura do feijão. K_y tabelado.

Fonte: Adaptado de Heinemann et al. 2009.

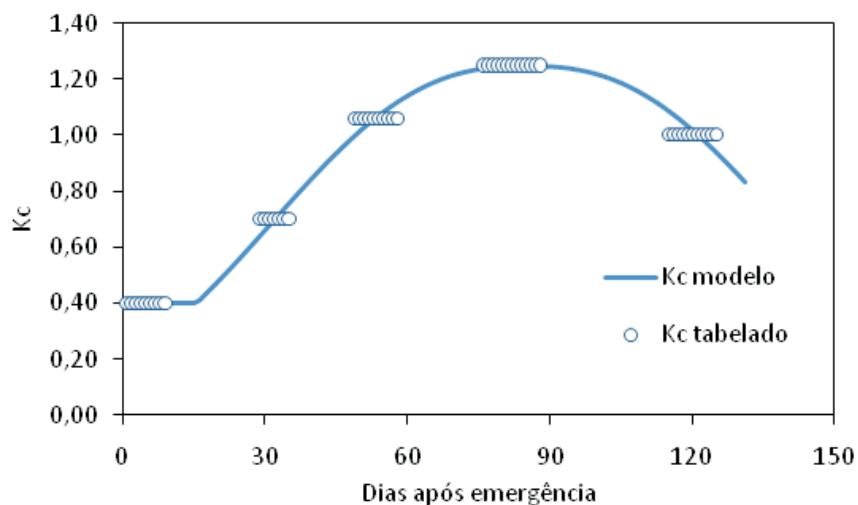


Figura 11. Coeficiente de cultivo (K_c) em função do desenvolvimento fenológico da cultura do trigo. K_c tabelado.

Fonte: Adaptado de Cunha et al. 2009 e Pilau et al. 2009.

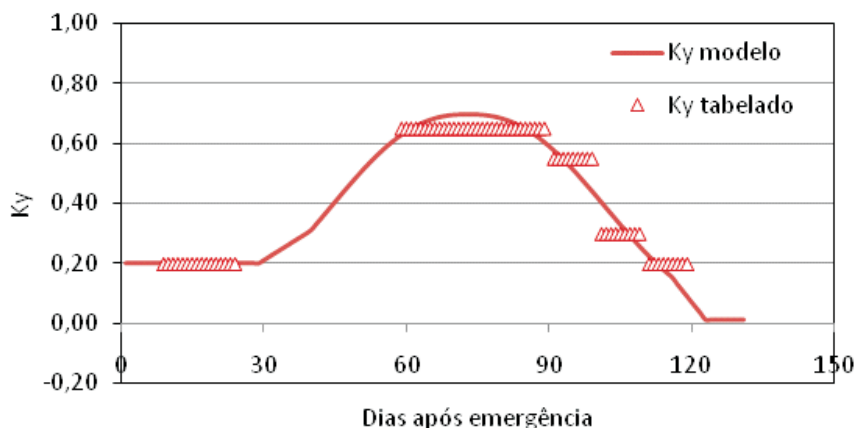


Figura 12. Coeficiente de resposta (K_y) em função do desenvolvimento fenológico da cultura do feijão. K_y tabelado.

Fonte: Adaptado de Cunha et al. 2009 e Pilau et al. 2009.

2.5 Produtividade potencial

Foram testados 3 métodos para as estimativas de produtividade potencial (P_p) empregadas no modelo: o “Método das Zona Agroecológica” (Modelo FAO), o Método da produtividade máxima observada e o agora denominado Método da produtividade potencial tecnológica.

No primeiro método, a produtividade potencial é obtida de uma variedade adaptada ao ambiente de crescimento, em condições ideais, ou seja, sem fatores limitantes. Nesse caso, torna-se uma função de características da espécie, da temperatura e da radiação solar disponível na região (DOORENBOS & KASSAM, 1994).

No segundo método, a produtividade potencial foi considerada como sendo igual à máxima observada até então. Sempre que uma nova produtividade máxima ocorre, esta passa ser a nova referência para o valor de produtividade potencial empregado nas estimativas seguintes. Normalmente este método é empregado em condições não experimentais, quando os outros fatores da produtividade não podem ser medidos e por permitir, dentro de certos limites, corrigir tendências de aumento da produtividade.

No terceiro método, Método da Produtividade Potencial Tecnológica (PPT), os valores de produtividade potencial foram estimados a partir de uma equação linear de primeiro grau ajustada aos dados de produtividade real (Pr), multiplicado por um fator de correção (Δp), sendo Δp , um dos coeficientes calibrados do modelo. A cada categoria ou faixa de produtividade, foi ajustada, por regressão, uma equação linear que descreve a tendência de produtividade.

2.6 Produtividade real

O ajuste do modelo de estimativa da produtividade real (Pr) foi feito com base em 127, 110, 115 e 34 municípios amostrados, distribuídos pelas cinco regiões geográficas brasileiras e nas cinco faixas de produtividade (Anexo 1). A produtividade real (Pr) é estimada a partir da deficiência hídrica relativa [$1 - (ETr/ETc)$], ponderada por um fator de sensibilidade da cultura ao déficit hídrico (ky), conforme DOORENBOS & KASSAM (1979) (equação 3).

$$Pr/Pp = 1 - ky[1 - (ETr/ETP Kc)] \quad (3)$$

em que Pr é a produtividade estimada; Pp é a produtividade potencial; ETr é a evapotranspiração real da cultura; ETP é a evapotranspiração potencial; Kc é o coeficiente de cultura para cada fase fenológica; e Ky é o coeficiente de sensibilidade da cultura à deficiência hídrica, também variável com a fase fenológica da cultura.

Ao modelo de estimativa de produtividade real, foi acrescentado um coeficiente empírico de ajuste multiplicando o Ky, aqui chamado de Kx, específico para cada faixa de produtividade, para contemplar as eventuais especificidades regionais das variedades e, principalmente, as particularidades dos sistemas de produção empregados.

2.7 Calibração do modelo e análise dos resultados

A principal modificação em relação ao modelo original proposto por DOORENBOS & KASSAM (1979) é que WebAgritec atualiza o cálculo da Pr diariamente, a medida que o sistema recebe novos dados meteoroló-

gicos ao final de cada dia de monitoramento, da mesma forma que em ASSAD et al. 2007.

O processo de calibração dos modelos consistiu da manipulação do coeficiente de produtividade (Δp) para a estimativa da P_p , e do coeficiente de correção da sensibilidade à deficiência hídrica (K_x). A calibração dos valores de K_x e Δp foi ajustada de modo a maximizar a correlação observada entre produtividades estimadas e observadas e minimizar a diferença média absoluta entre elas.

As referências utilizadas foram os valores de produtividade derivados dos dados de produção e área plantada dos divulgados pelo IBGE (IBGE, 2010). Os valores estimados e oficiais das produções municipais de milho foram avaliados por meio de análise de regressão, com significância estatística verificada pelo teste t, a 5% de probabilidade.

3 Resultados

3.1 Milho

3.1.1 Dados de produtividade de milho no Brasil

A produção de milho no Brasil está distribuída em todo território nacional (Figura 13). A maior parte dos municípios apresenta baixíssimas médias de produtividade (Figura 14). Cerca de 44 % dos municípios produtores apresentam produtividades médias dentro da faixa de 0 a 2 toneladas por hectare, respondendo por apenas 3,4 milhões de toneladas em 2008 (Tabela 5). A maior parte da produção está representada pelos municípios produtores com médias entre 2 e 6 toneladas por hectare, respondendo por 77 % da produção de milho no país (Tabela 5 e Figuras 15 e 16).

A região Sul do Brasil é a maior produtora de milho com 34,8 % de produção sendo 24,9 toneladas de milho produzidas em 2008 (Tabela 6).

A produtividade média foi calculada para cada ano em cada faixa de produtividade como mostra a Tabela 7. Cada faixa teve seu ajuste com seus respectivos coeficientes obtidos por análises de regressão (Figura 17).

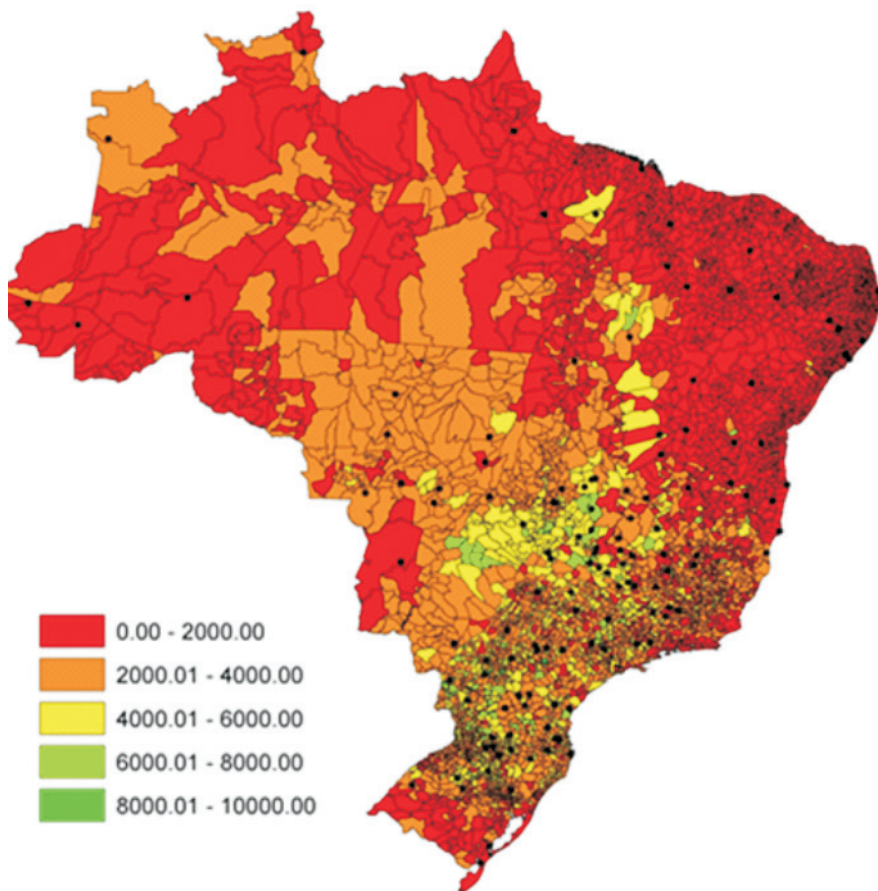


Figura 13. Mapa de produtividade de milho representado por faixas em kg.ha^{-1} . Os pontos pretos representam os 125 municípios amostrados utilizados no desenvolvimento do modelo de produtividade.

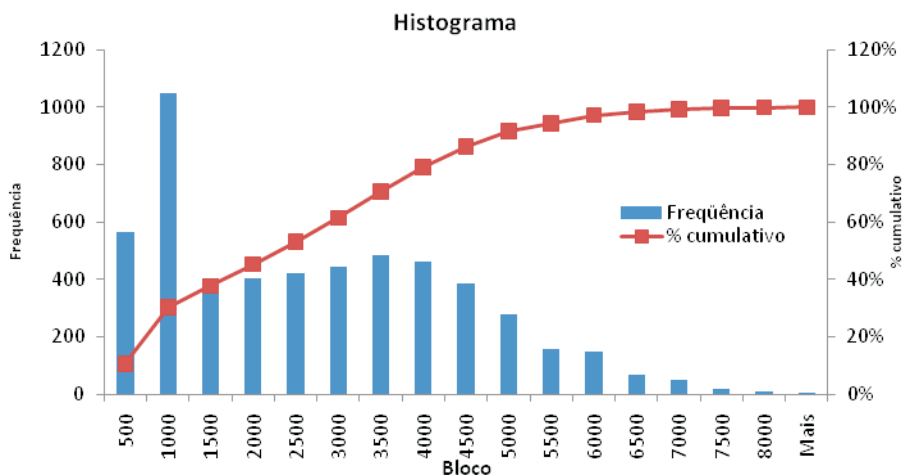


Figura 14. Histograma dos municípios produtores de milho no Brasil.

Tabela 5. Produção e número de municípios produtores de milho por faixas de produtividade no Brasil em 2008.

Faixa de Produtividade (kg.ha ⁻¹)	Produção (milhões t)	# Municípios	% Produção	% Municípios
0 - 2000	3,4	2422	6	44
2001 - 4000	21,1	1813	36	33
4001 - 6000	24,0	967	41	17
6001 - 8000	9,8	144	17	3
8001 - 10000	0,6	6	1	0
>10000	0,0	0	0	0

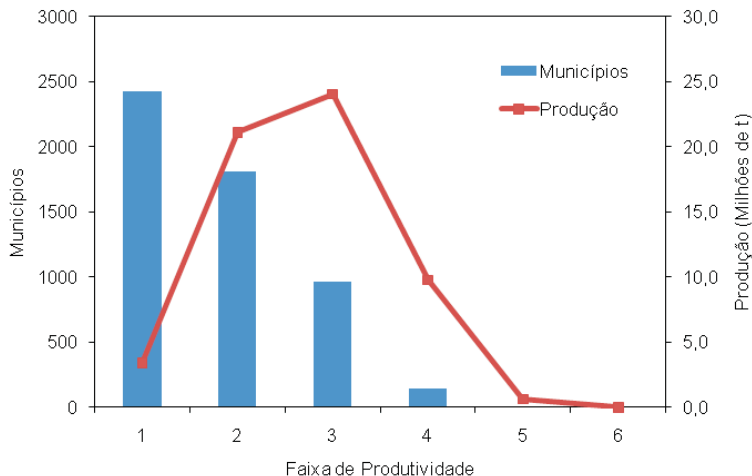


Figura 15. Número de municípios e produção de milho (milhões de ton) em cada faixa de produtividade, no ano de 2008. Faixa 1 - 0 a 2000 kg.ha⁻¹; faixa 2 - 2001 a 4000 kg.ha⁻¹; faixa 3 - 4001 a 6000 kg.ha⁻¹; faixa 4 - 6001 a 8000 kg.ha⁻¹; faixa 5 - 8001 a 10000 kg.ha⁻¹; faixa 6 - maior que 10000 kg.ha⁻¹.

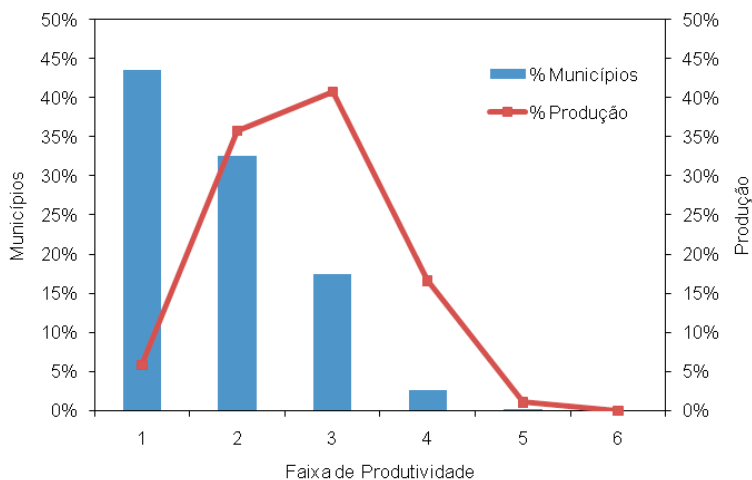


Figura 16. Percentual do total de municípios e percentual de produção de milho em cada faixa de produtividade, no ano de 2008. Faixa 1 - 0 a 2000 kg.ha⁻¹; faixa 2 - 2001 a 4000 kg.ha⁻¹; faixa 3 - 4001 a 6000 kg.ha⁻¹; faixa 4 - 6001 a 8000 kg.ha⁻¹; faixa 5 - 8001 a 10000 kg.ha⁻¹; faixa 6 - maior que 10000 kg.ha⁻¹.

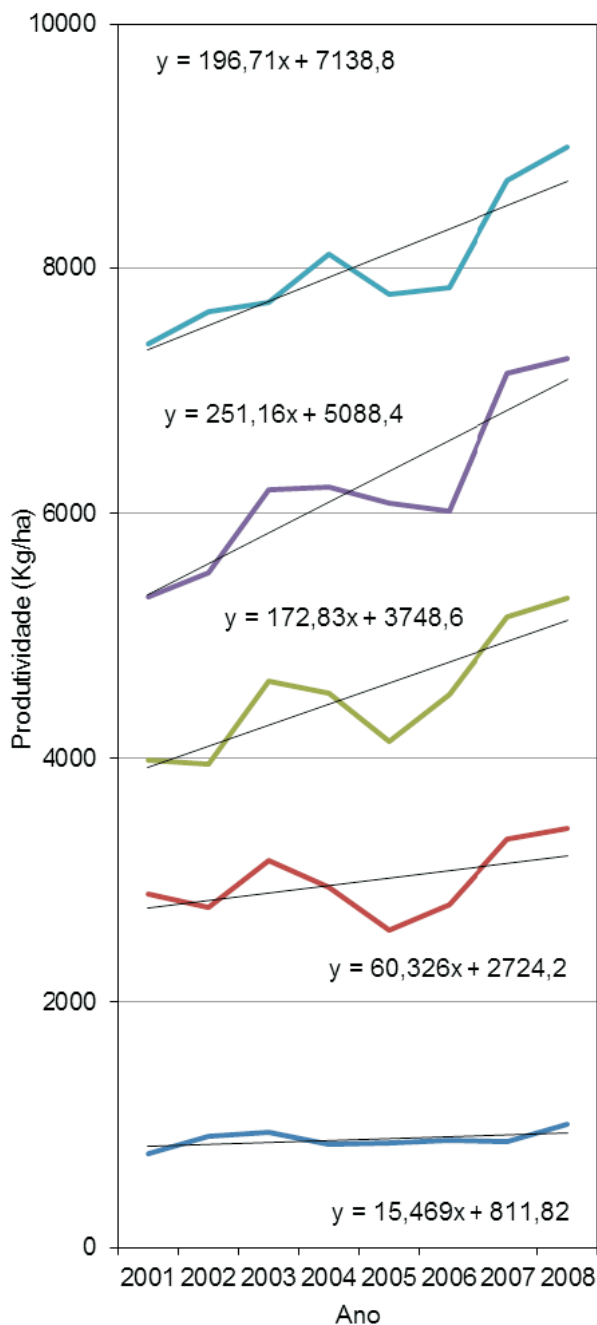


Figura 17. Produtividade média de milho de cada uma das 6 faixas de produtividade e respectivas linhas de tendência por regressão linear no período 2001 a 2008.

3.1.2 Produtividade potencial tecnológica estimada

A PPT foi calculada como sendo a produtividade média dos municípios da faixa acrescida de um percentual correspondente ao estimado pela penalização pela deficiência hídrica e que, portanto, minimize o erro entre as estimativas do modelo e as produtividades observadas (Tabela 8).

Tabela 8. Produtividade Potencial calculada de milho ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) pela produtividade média e fator de correção de 2001 a 2008.

Faixa de produtividade ($\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$)	Limite superior	Fator multiplicação	Produtividade Potencial estimada							
			2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
1	2000	1,9	1572	1601	1631	1660	1689	1719	1748	1778
2	4000	1,35	3759	3840	3922	4003	4085	4166	4248	4329
3	6000	1,4	5490	5732	5974	6216	6458	6700	6942	7184
4	8000	1,45	7742	8107	8471	8835	9199	9563	9928	10292
5	10000	1,4*	10270	10545	10821	11096	11371	11647	11922	12197
6**	> 10000	1,4*	0	0	0	0	0	0	0	0

* Devido à inexistência de dados meteorológicos em municípios das faixas 5 e 6, não foi possível estimar o fator de multiplicação para cálculo da PP nessas faixas. Por isso, foi adotado o valor médio das faixas 2, 3 e 4.

**Não há municípios com produtividades médias maiores que 10000 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ na base de dados do IBGE.

3.1.3 Resultados do modelo - produtividade estimada

Em todas as faixas de produtividades, as médias entre as produtividades de milho estimadas e IBGE foram bem próximas (Figura 18). Dentre as faixas de produtividade, a faixa 4 apresentou maior correlação (Figura 19). Tal faixa corresponde aos municípios com maior produção de milho, ou seja, com alto nível tecnológico empregado na produção.

A região Sul do país foi a que apresentou melhor correlação entre a produtividade estimada e IBGE, sendo que a faixa 2 apresentou melhor ajuste (Figura 20). Na região Sudeste a faixa 2 obteve maior correlação (Figura 21). Já nas regiões Centro-Oeste e Norte, as faixas 3 e 1 apresentaram melhores ajustes respectivamente (Figuras 22 e 23). A região Nordeste apresentou ajuste apenas na faixa 1 de produtividade com resultados razoáveis (Figura 24).

A análise de regressão entre a produtividade estimada de milho e a produtividade oficial (IBGE) indicou elevado coeficiente de determinação (Figuras 25 e 26).

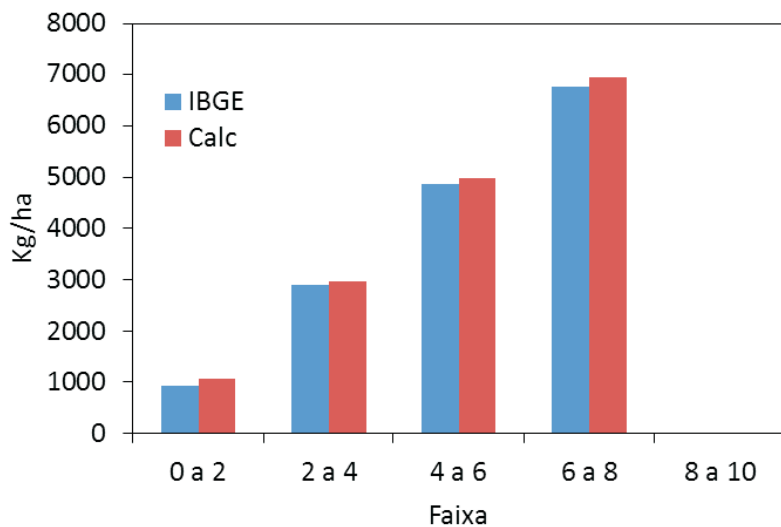


Figura 18. Médias entre as produtividades de milho estimadas e IBGE em cada faixa de produtividade.

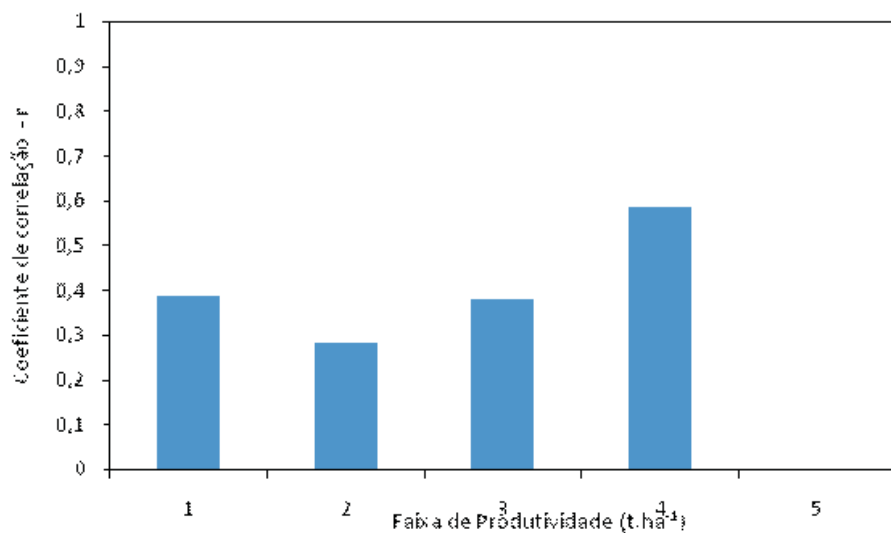


Figura 19. Coeficientes de correlação entre a produtividade de milho estimada e IBGE em cada faixa de produtividade.

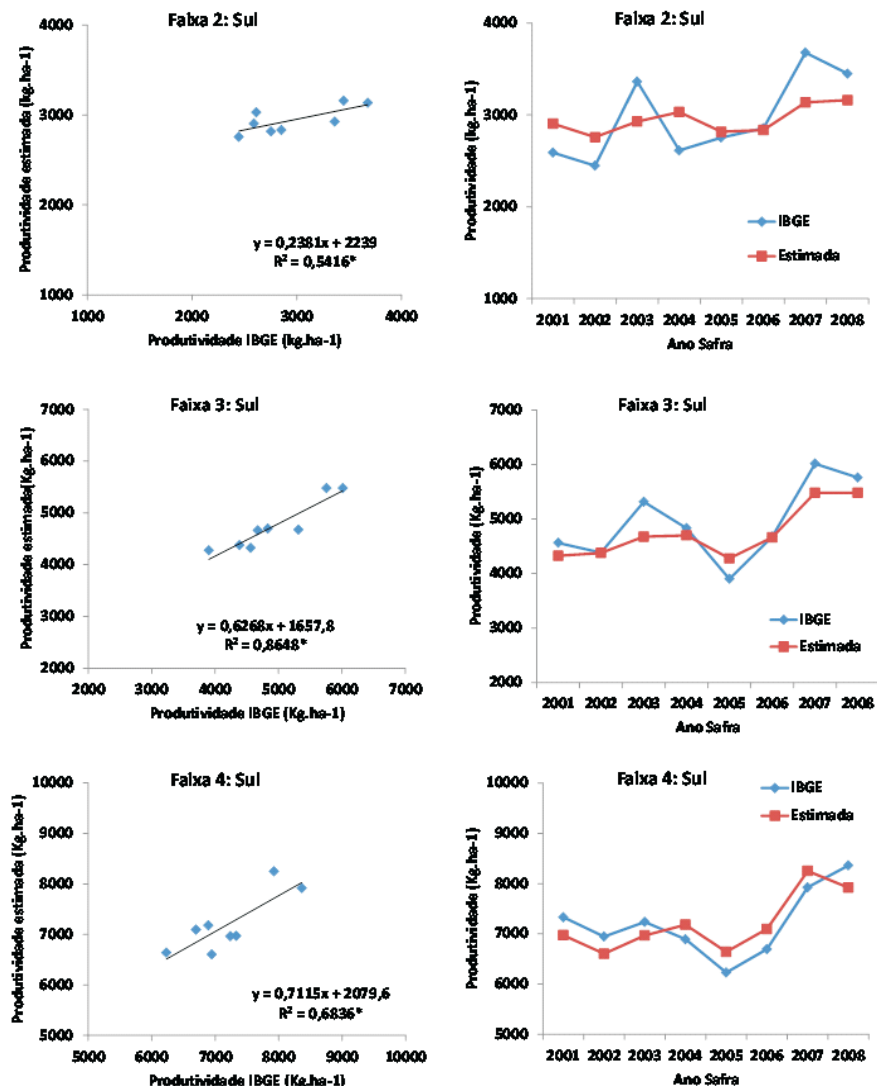


Figura 20. Análise de regressão entre produtividade de milho estimado (WebAgritec-Milho) e oficial (IBGE) para a Região Sul (esquerda), variação da produtividade estimada (WebAgritec-Milho) e de referência (IBGE) (direita) da safra 2000/2001 a 2007/2008.

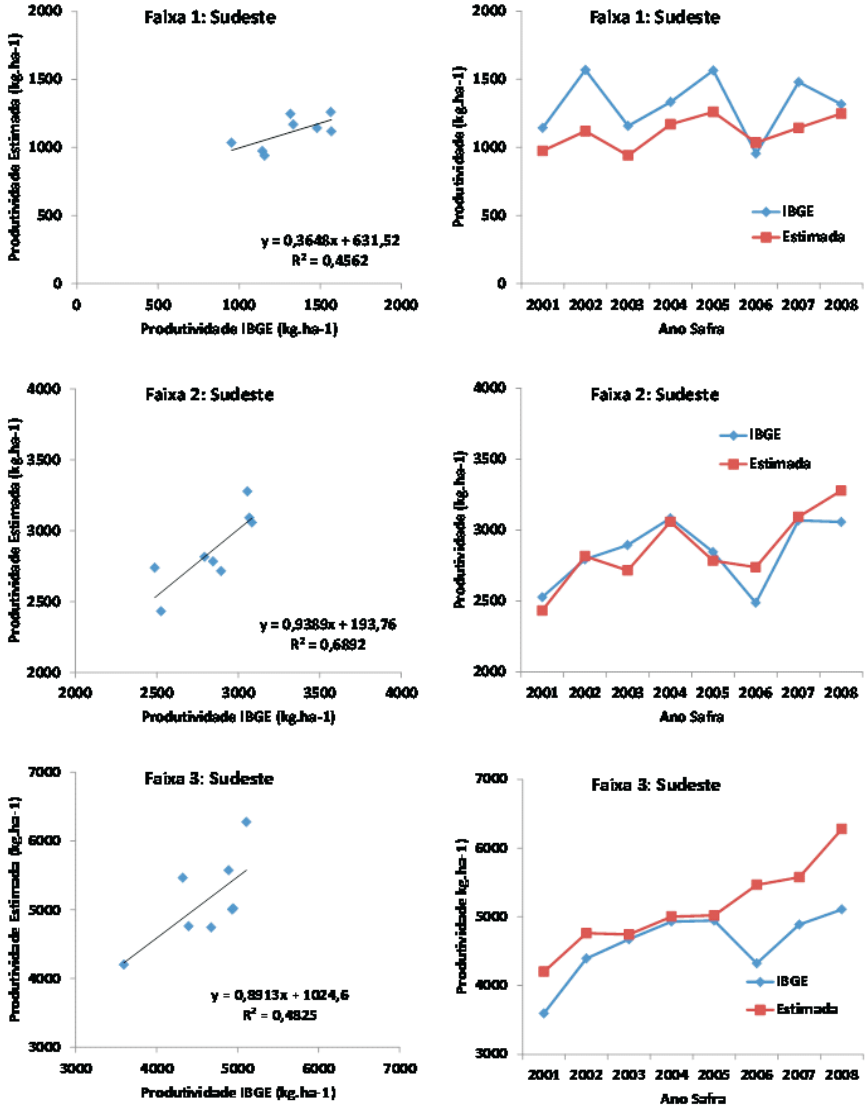


Figura 21. Análise de regressão entre produtividade de milho estimado (WebAgritec-Milho) e oficial (IBGE) para a Região Sudeste (esquerda), variação da produtividade estimada (WebAgritec-Milho) e de referência (IBGE) (direita) da safra 2000/2001 a 2007/2008.

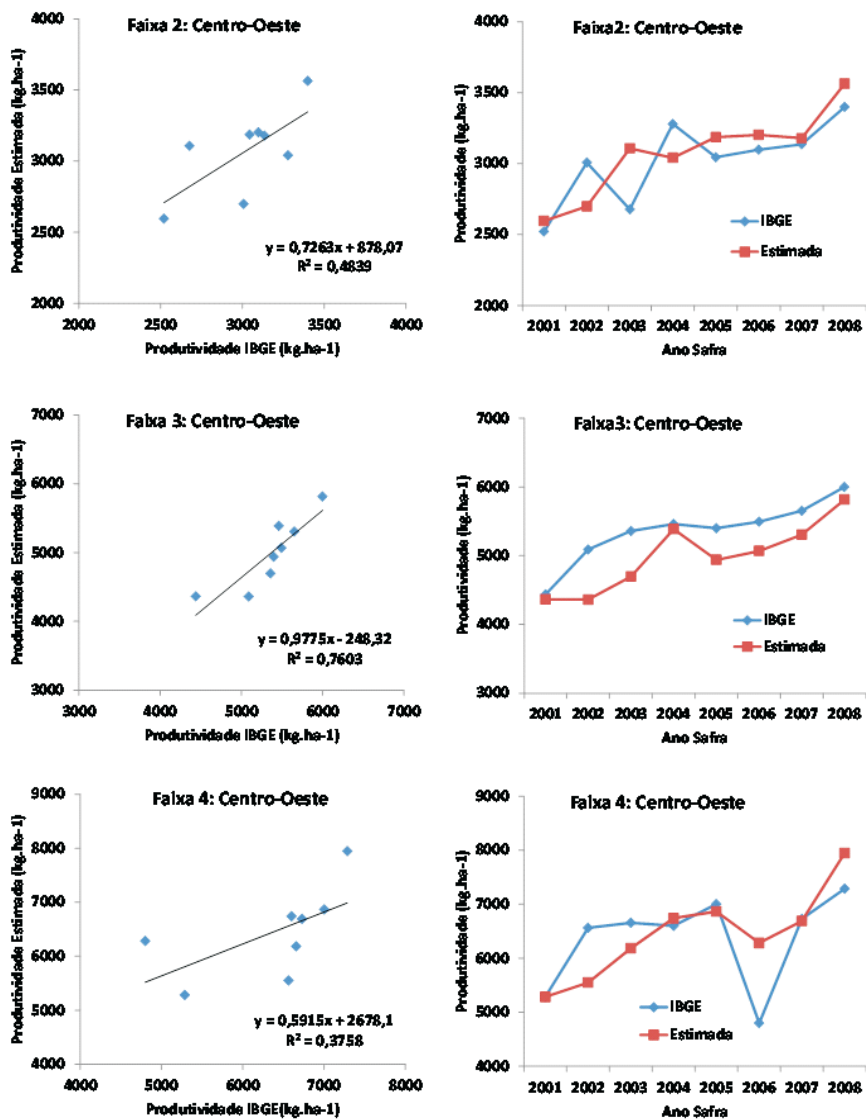


Figura 22. Análise de regressão entre produtividade de milho estimado (WebAgritec-Milho) e oficial (IBGE) para a Região Centro-Oeste (esquerda), variação da produtividade estimada (WebAgritec-Milho) e de referência (IBGE) (direita) da safra 2000/2001 a 2007/2008.

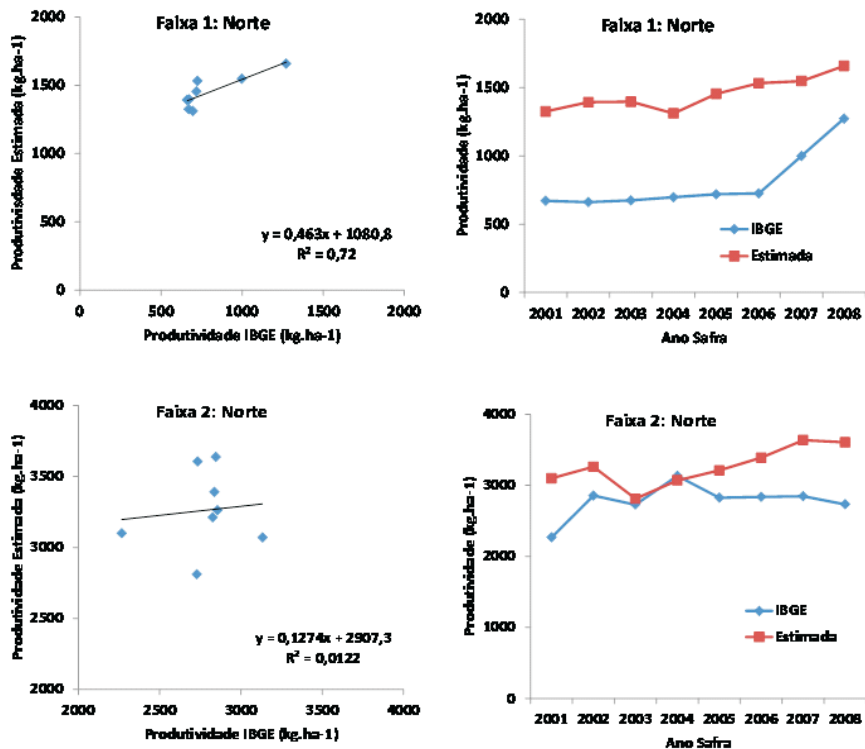


Figura 23. Análise de regressão entre produtividade de milho estimado (WebAgritec-Milho) e oficial (IBGE) para a Região Norte (esquerda), variação da produtividade estimada (WebAgritec-Milho) e de referência (IBGE) (direita) da safra 2000/2001 a 2007/2008.

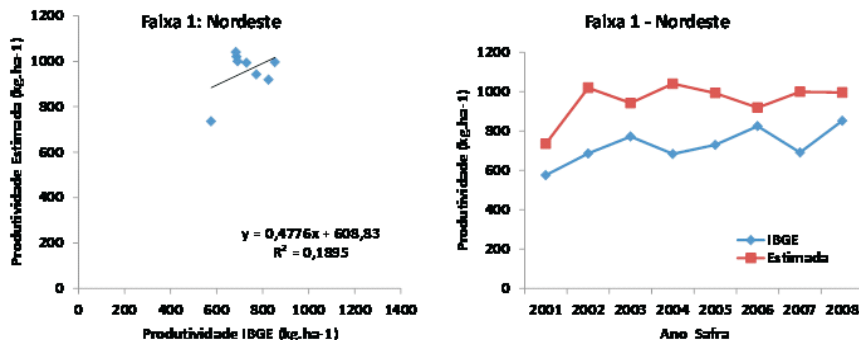


Figura 24. Análise de regressão entre produtividade de milho estimado (WebAgritec-Milho) e oficial (IBGE) para a Região Nordeste (esquerda), variação da produtividade estimada (WebAgritec-Milho) e de referência (IBGE) (direita) da safra 2000/2001 a 2007/2008.

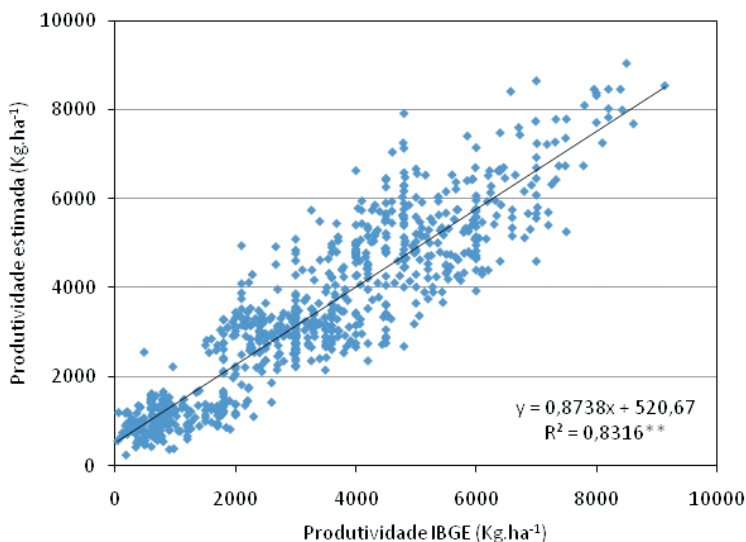


Figura 25. Análise de regressão entre produtividade de milho estimado (WebAgritec-Milho) e oficial (IBGE) em todos os municípios amostrados e safras ao longo do período 2000 a 2008.

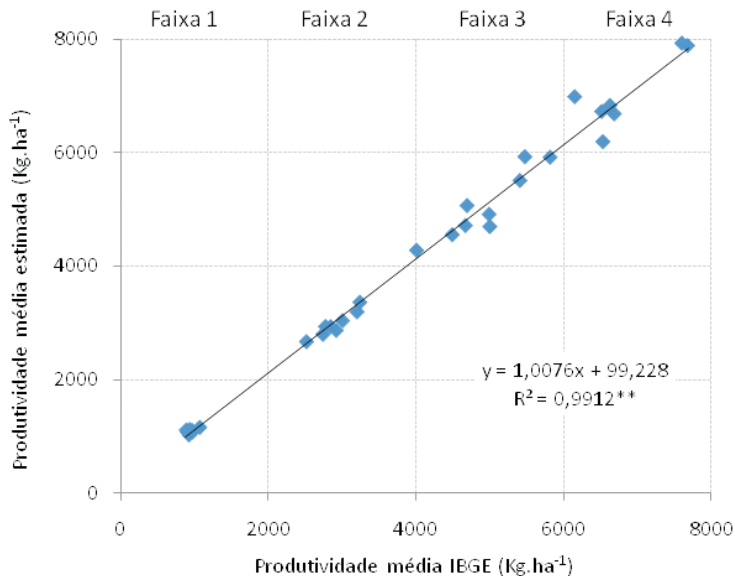


Figura 26. Análise de regressão entre estimativas das produtividades de milho, médias por faixa de produtividade (WebAgritec-Milho), e dados oficiais (IBGE) ao longo do período 2000 a 2008.

A Figura 27A mostra os resultados de produtividade estimada por meio da calibração por classes de produtividade no município de Toledo-PR, comparada aos dados oficiais (IBGE). A Figura 27B mostra os resultados da mesma localidade quando o modelo de produtividade foi utilizado com a calibração específica para o município em questão.

A calibração do modelo por faixas de produtividade tornou possível a análise conjunta dos mais de 5500 municípios brasileiros com séries de dados de produtividade, reduzindo-os a 6 categorias, com bons índices de correlação. Com efeito, o que a Figura 27 ilustra que é possível ajustar a mesma metodologia aqui descrita para cada município individualmente, e obter estimativas muito mais precisas e exatas.

O WebAgritec-Milho apresentou bom desempenho na previsão das produtividades de milho nas faixas de produtividade de 2000 a 4000 kg.ha⁻¹, 4001 a 6000 kg.ha⁻¹ e 6001 a 8000 kg.ha⁻¹. O melhor desempenho do sistema de previsão nas regiões Sul, Sudeste e Centro Oeste está relacionado às produtividades médias mais altas verificadas nessas regiões.

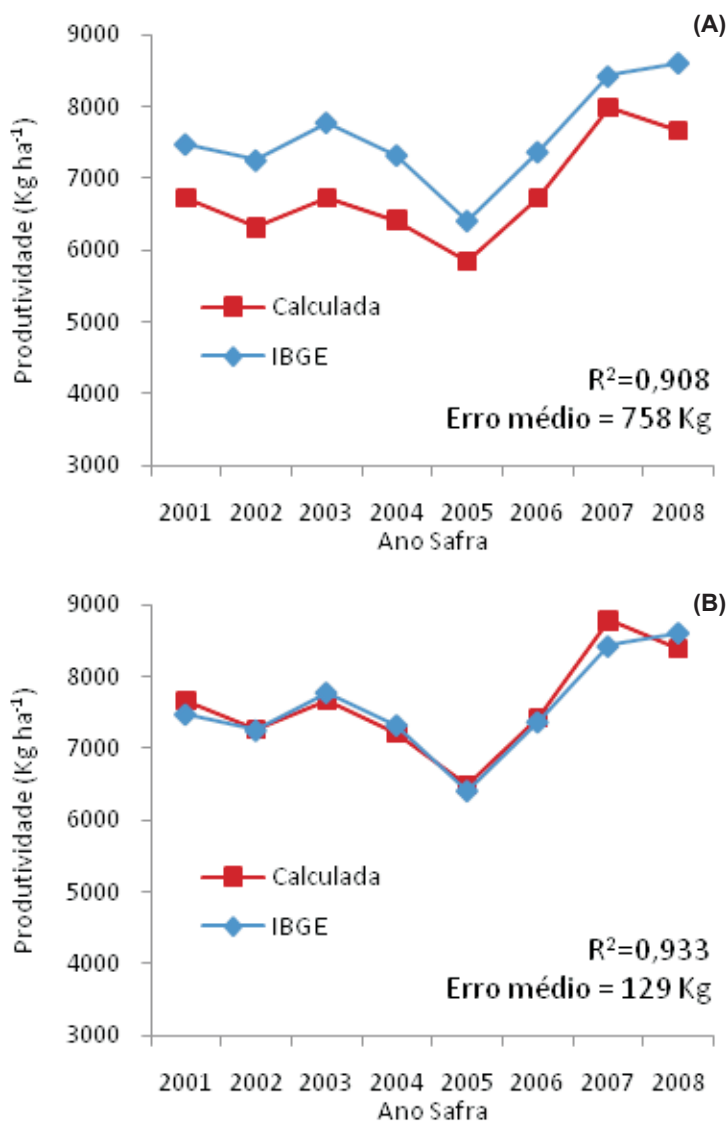


Figura 27. Produtividade de milho estimado (WebAgritec) em calibração por classes de produtividade (A) e em calibração por município (B) em relação aos dados oficiais (IBGE) para o município de Toledo-PR, safra 2000/2001 a 2007/2008.

3.2 Feijão

3.2.1 Dados de produtividade de feijão no Brasil

A produção de feijão no Brasil está distribuída em praticamente todo o território nacional (Figura 28). A maioria dos municípios produtores apresenta médias de produtividade muito baixas, menores que 1000 kg.ha^{-1} (Figura 29), sendo que 66% dos municípios produtores contribuem apenas com 37% do total produzido no país. (Tabela 9). Os outros 63% da produção nacional são obtidos nos 33% dos municípios restantes (Tabela 9 e Figuras 30 e 31).

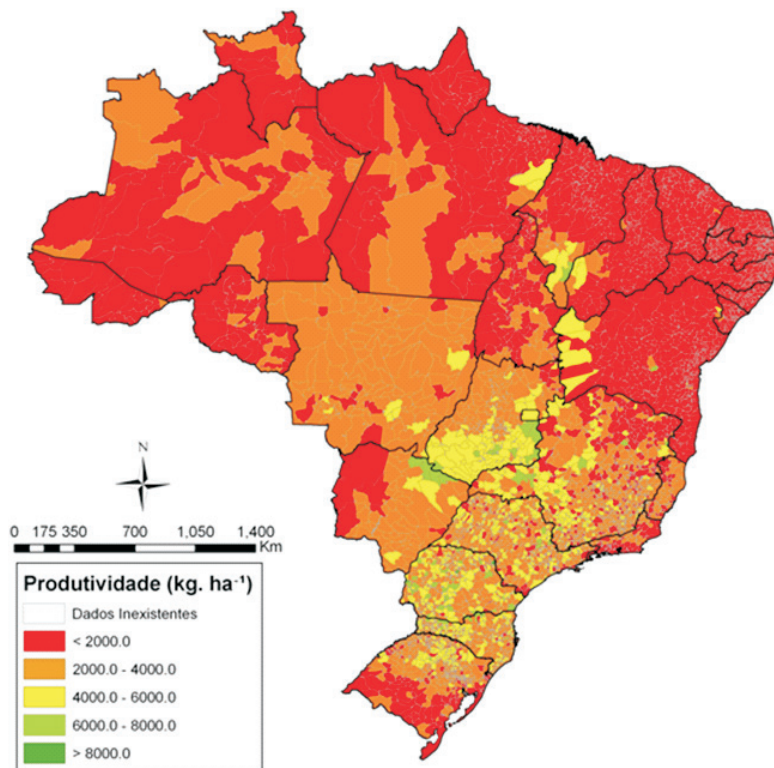


Figura 28. Mapa de produtividade de feijão representado por faixas em kg.ha^{-1} . Os pontos azuis representam os municípios amostrados utilizados na parametrização do modelo de produtividade.

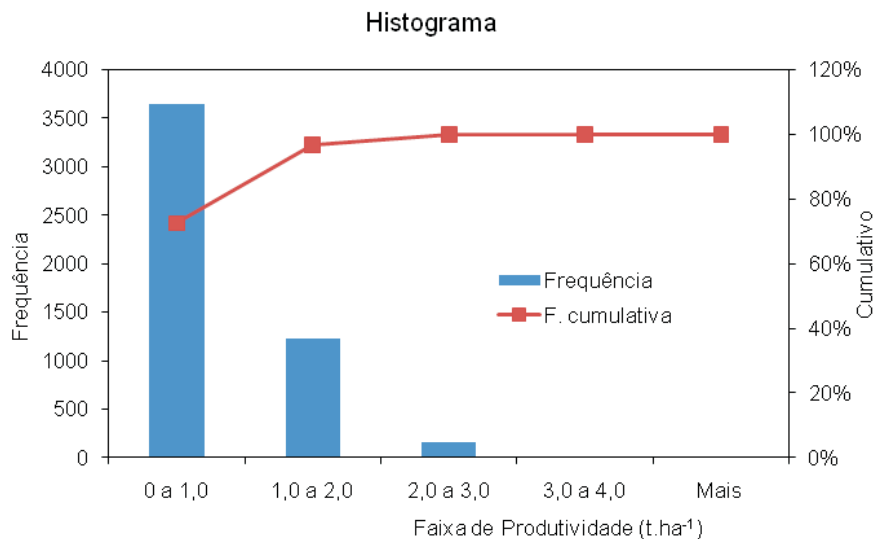


Figura 29. Histograma dos municípios produtores de feijão no Brasil.

Tabela 9. Produção e número de municípios de feijão por faixas de produtividade.

Faixa de produtividade (kg.ha ⁻¹)	Produção (milhões t)	# Municípios	% Produção	% Municípios
0 - 1000	1,29	3644	37	66
1001 - 2000	1,45	1223	42	22
2001 - 3000	0,71	157	21	3
>3000	0,01	5	0	0

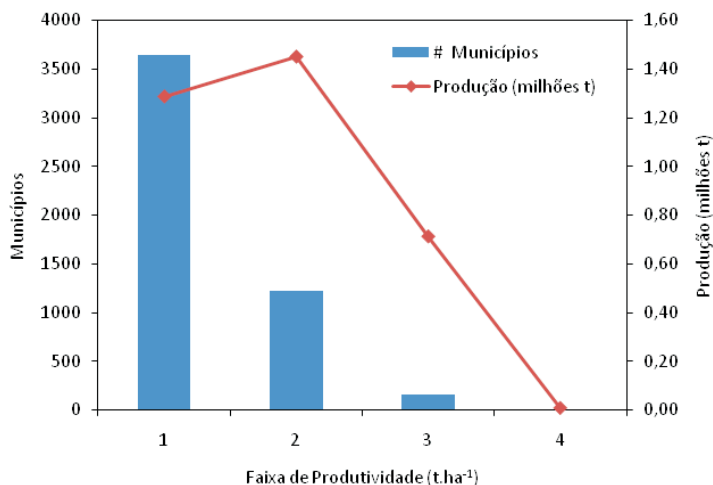


Figura 30. Número de municípios e produção de feijão (milhões de t) em cada faixa de produtividade. Faixa 1 - 0 a 1000 kg.ha⁻¹; faixa 2 - 1001 a 2000 kg.ha⁻¹; faixa 3 - 2001 a 3000 kg.ha⁻¹; faixa 4 - maior que 3000 kg.ha⁻¹.

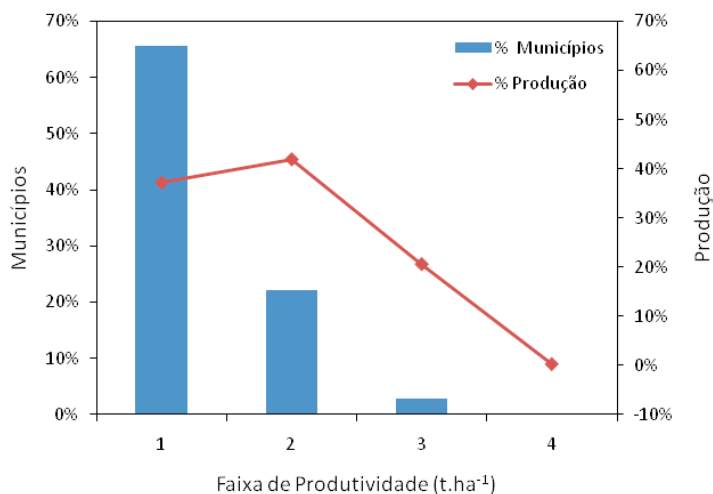


Figura 31. Percentual do total de municípios e percentual de produção de feijão em cada faixa de produtividade. Faixa 1 - 0 a 1000 kg.ha⁻¹; faixa 2 - 1001 a 2000 kg.ha⁻¹; faixa 3 - 2001 a 3000 kg.ha⁻¹; faixa 4 - maior que 3000 kg.ha⁻¹.

A região Sudeste do Brasil é a maior produtora de feijão com 25,1 % da produção, o que corresponde a aproximadamente 870,0 mil toneladas produzidas em 2008 (Tabela 10). No entanto, o Estado do Paraná é o maior produtor de feijão contribuindo com 22,3 % da produção nacional, cerca de 770 mil toneladas.

Tabela 10. Principais estados produtores de feijão no Brasil em 2008.

Estado	Produção (%)	Produção (mil t)	Produtividade (kg.ha ⁻¹)
Paraná	22,3	771,3	1568
Minas Gerais	16,9	584,3	1412
Bahia	9,2	318,5	641
São Paulo	8,2	284,0	1580
Goiás	6,4	220,4	2263
Santa Catarina	5,2	180,9	1686
Mato Grosso	3,2	110,3	1551
Mato Grosso do Sul	2,9	18,3	1089

A produtividade média foi calculada em cada faixa de produtividade e em cada ano, como mostra a Tabela 11. Os coeficientes do modelo foram calibrados para cada faixa de produtividade (Figura 32).

Tabela 11. Produtividade média calculada de feijão (kg.ha⁻¹) pela equação ajustada de 2001 a 08.

Anal. regressão		Limite superior	Produtividade média							
"a"	"b"		2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
509	10,45	1000	519	530	540	551	561	572	582	593
1060	48,86	2000	1109	1158	1207	1255	1304	1353	1402	1451
1967	47,72	3000	2015	2062	2110	2158	2206	2253	2301	2349
2752	78,96	4000	2831	2910	2989	3068	3147	3226	3305	3384

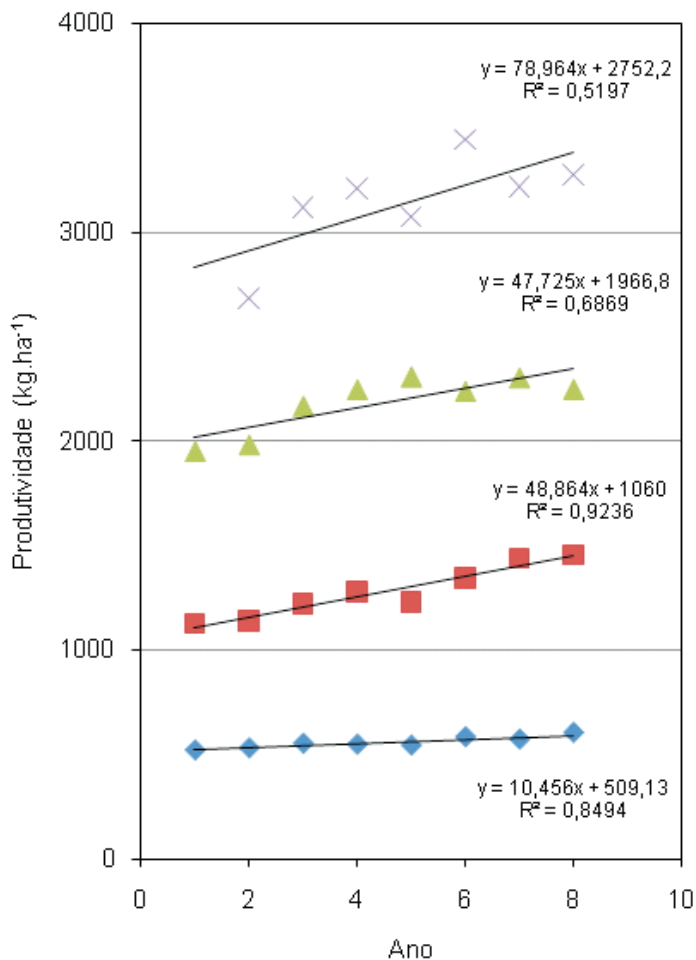


Figura 32. Produtividade média de feijão de cada uma das 4 faixas de produtividade e respectivas linhas de tendência por regressão linear no período 2001 a 2008.

3.2.2 Produtividade Potencial Tecnológica estimada

A PPT foi calculada como sendo a produtividade média dos municípios da faixa acrescida de um percentual (tabela 12) correspondente ao estimado pela penalização pela deficiência hídrica e que, portanto, minimize o erro entre as estimativas do modelo e as produtividades observadas.

Tabela 12. Produtividade Potencial calculada de feijão ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) pela produtividade média e fator de correção de 2001 a 08.

Faixa de Produtividade ($\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$)	Limite superior	Fator multiplicação	Produtividade Potencial estimada							
			2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
1	1000	1,3	675	689	702	716	730	743	757	770
2	2000	1,3	1442	1505	1569	1632	1696	1759	1823	1886
3	3000	1,3	2619	2681	2743	2805	2867	2929	2991	3053
4	4000	1,3 *	3680	3783	3886	3988	4091	4193	4296	4399
5	> 4000	**								

* Devido a inexistência de dados meteorológicos em municípios da faixa 4, não foi possível estimar o fator de multiplicação para cálculo da PP nessa faixa. Por isso, foi adotado o valor médio das faixas 2, 3 e 4.

** Não há municípios com produtividades médias maiores que $4000 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ na base de dados do IBGE.

3.2.3 Resultados do Modelo - Produtividade estimada

Na faixa 1 de produtividade, os estados do Paraná, Santa Catarina e Minas Gerais apresentaram médias entre as produtividades de feijão estimadas e IBGE bem próximas (Figura 33) Os deltas (Estimado - IBGE) foram de apenas 4, 6 e $-25 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ respectivamente. Tais resultados estão representados também pela alta correlação mostrada na Figura 36 através dos coeficientes de correlação.

Na faixa 2 de produtividade, apesar dos coeficiente de correlação nos estados de São Paulo e Mato Grosso serem negativos (Figura 37), as médias entre as produtividades estimadas e IBGE foram bem próximas em todos os estados (Figura 34). Já na faixa 3 de produtividade, apenas o estado do Paraná apresentou pouca diferença no delta com apenas $-15 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ (Figuras 35 e 38).

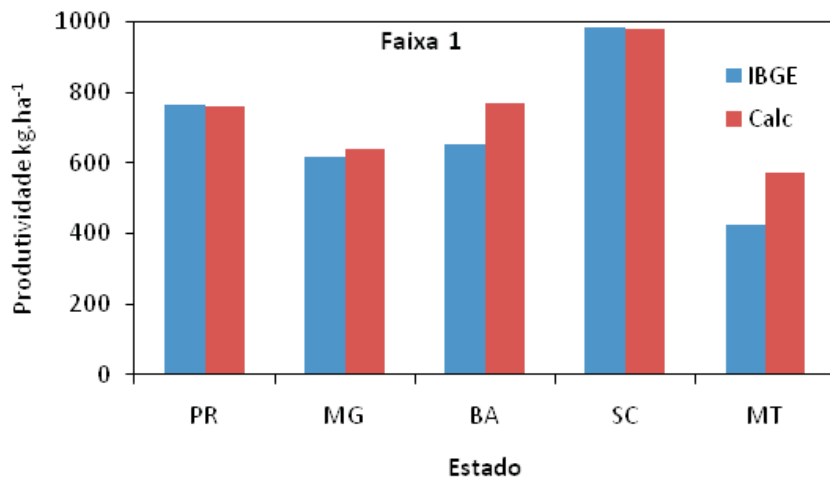


Figura 33. Médias entre as produtividades de feijão estimadas e IBGE na faixa 1 (0 -1000 kg.ha⁻¹) de produtividade.

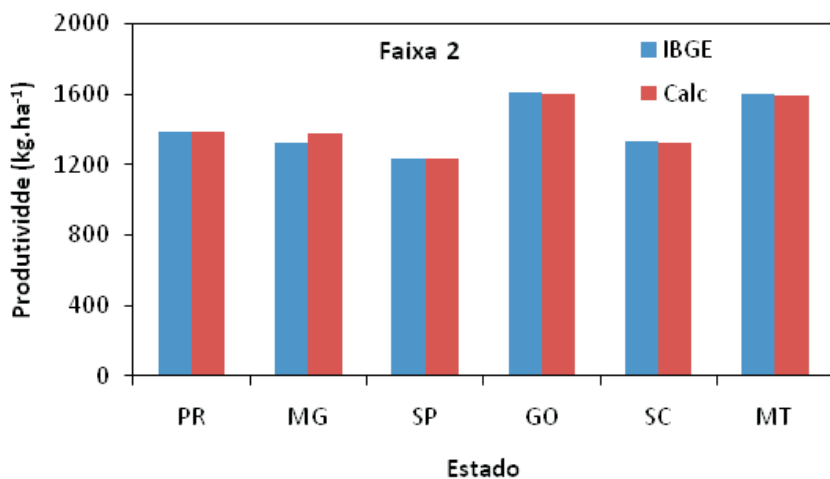


Figura 34. Médias entre as produtividades de feijão estimadas e IBGE na faixa 2 (1000 - 2000 kg.ha⁻¹) de produtividade.

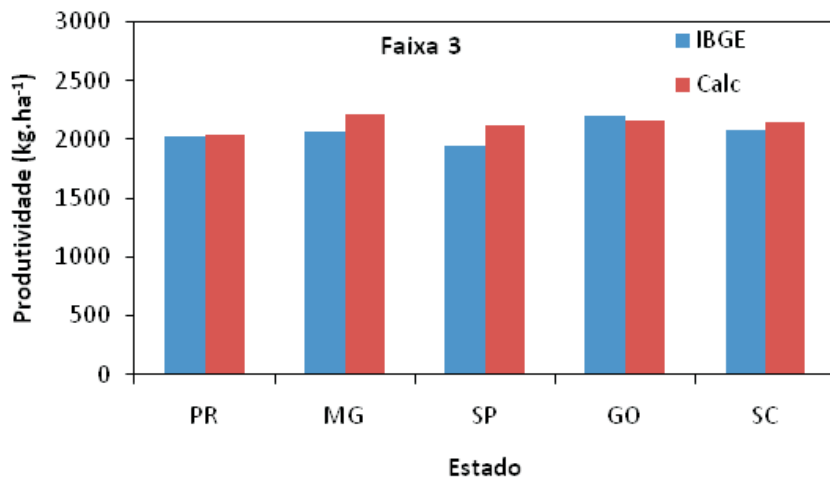


Figura 35. Médias entre as produtividades de feijão estimadas e IBGE na faixa 3 (2000 - 3000 kg.ha⁻¹) de produtividade.

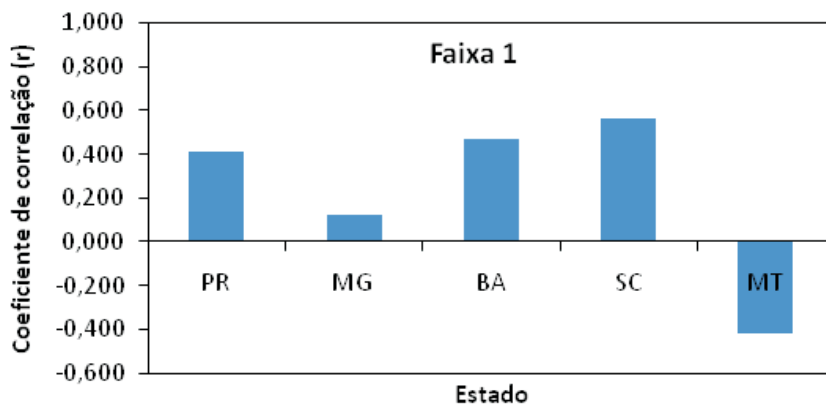


Figura 36. Coeficientes de correlação entre a produtividade de feijão estimada e IBGE na faixa 1 (0 - 1000 kg.ha⁻¹) de produtividade.

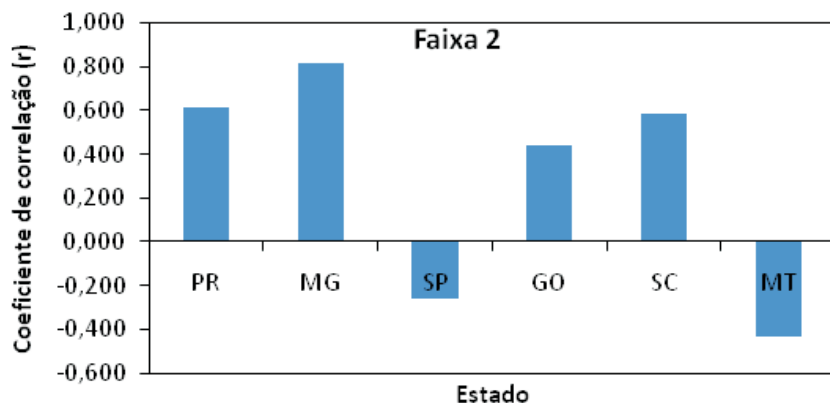


Figura 37. Coeficientes de correlação entre a produtividade de feijão estimada e IBGE na faixa 2 (1000 - 2000 kg.ha⁻¹) de produtividade.

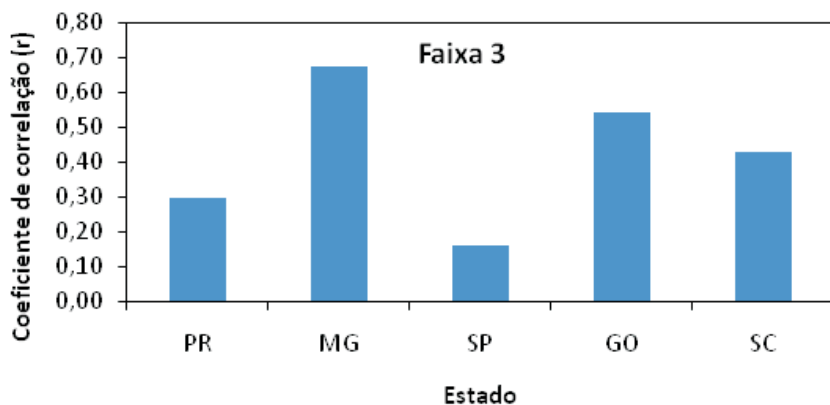
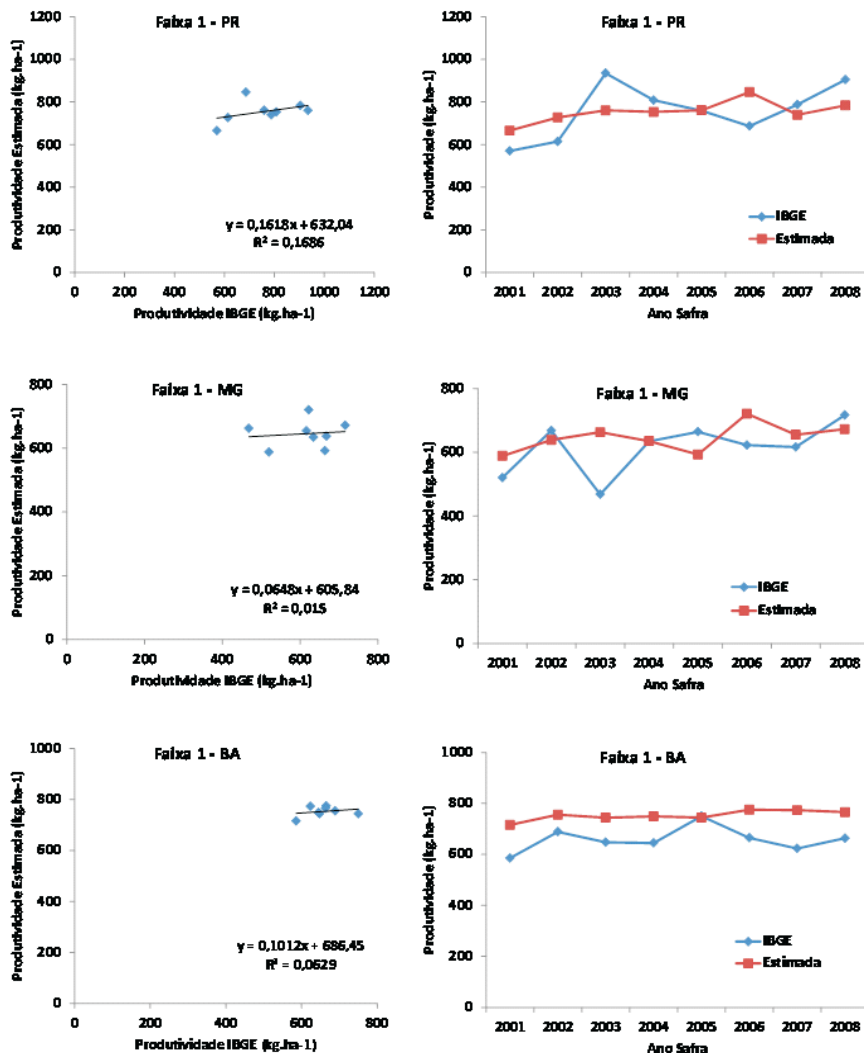


Figura 38. Coeficientes de correlação entre a produtividade de feijão estimada e IBGE na faixa 3 (2000 - 3000 kg.ha⁻¹) de produtividade.

Na faixa 1 de produtividade de feijão, o estado de Santa Catarina apresentou melhor ajuste entre a produtividade estimada e IBGE com maior valor de correlação (Figura 39). Já na faixa 2, os estados do Paraná, Minas Gerais e Santa Catarina apresentaram melhores correlações entre a produtividade estimada e IBGE (Figura 40). Na faixa 3, o estado de Minas Gerais obteve maior correlação (Figura 41).



Continua...

Figura 39. Análise de regressão entre produtividade de feijão estimado e oficial (IBGE) para a Faixa 1 de produtividade (esquerda), variação da produtividade estimada e de referência (IBGE) (direita) da safra 2000/2001 a 2007/2008.

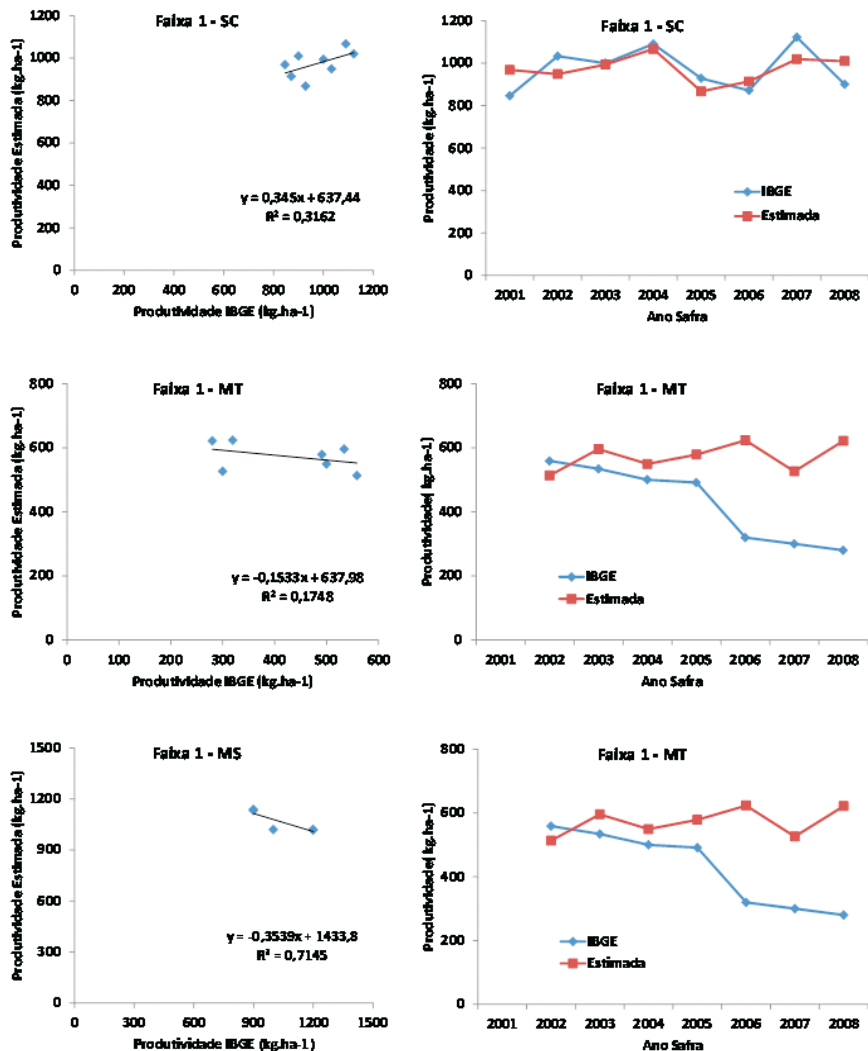
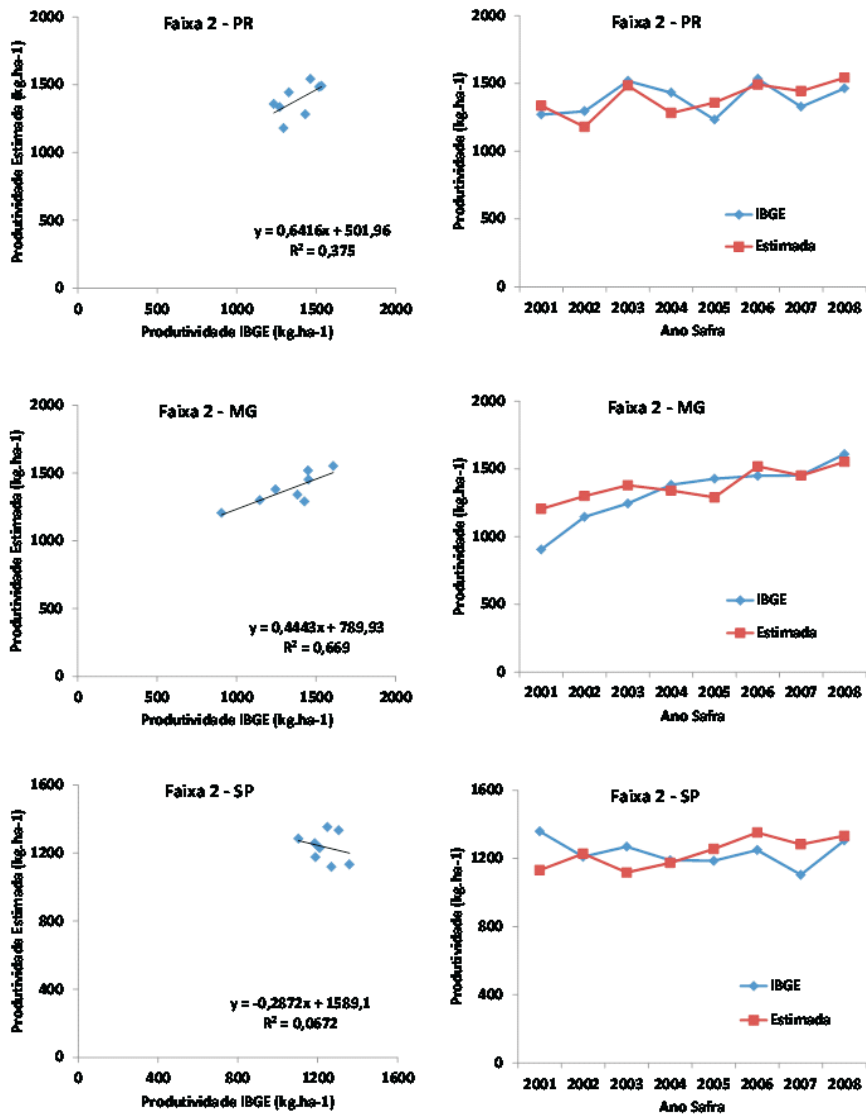


Figura 39. Continuação.



Continua...

Figura 40. Análise de regressão entre produtividade de feijão estimado e oficial (IBGE) para a Faixa 2 de produtividade (esquerda), variação da produtividade estimada e de referência (IBGE) (direita) da safra 2000/2001 a 2007/2008.

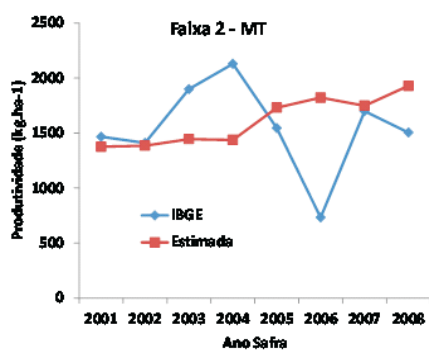
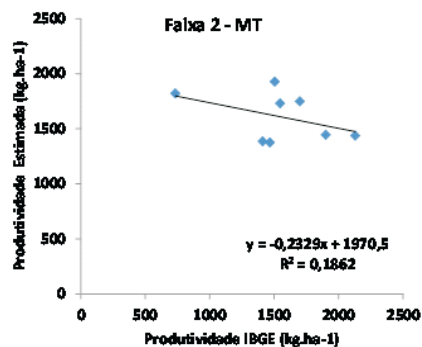
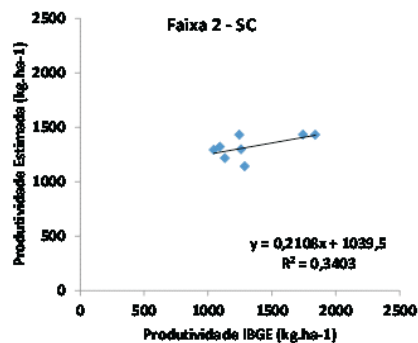
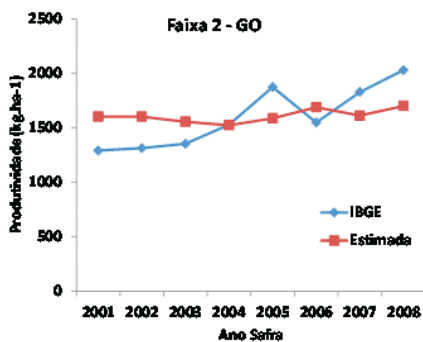
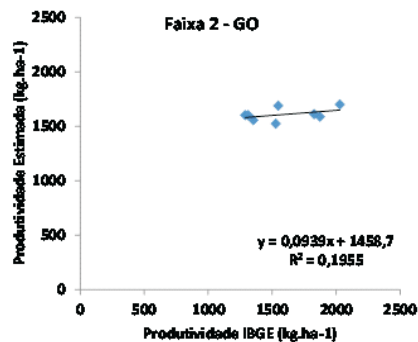
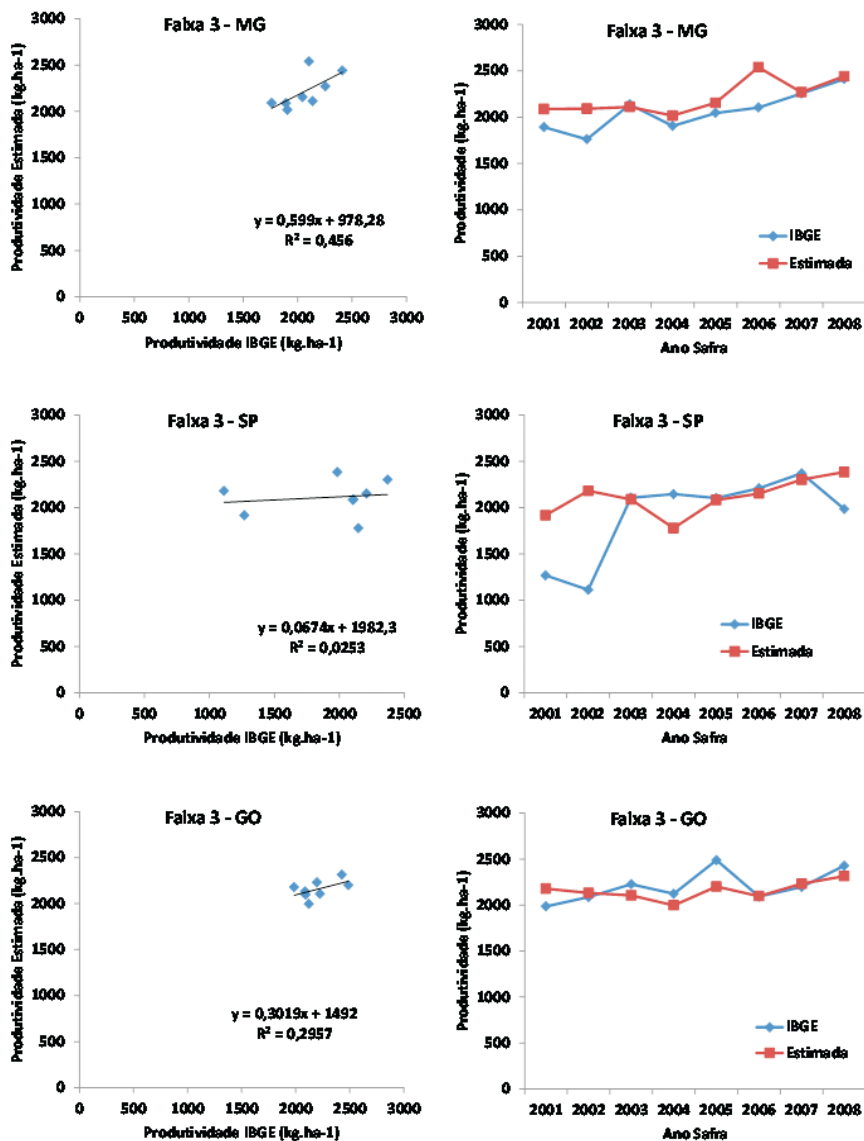


Figura 40. Continuação...



Continua...

Figura 41. Análise de regressão entre produtividade de feijão estimado e oficial (IBGE) para a Faixa 3 de produtividade (esquerda), variação da produtividade estimada e de referência (IBGE) (direita) da safra 2000/2001 a 2007/2008.

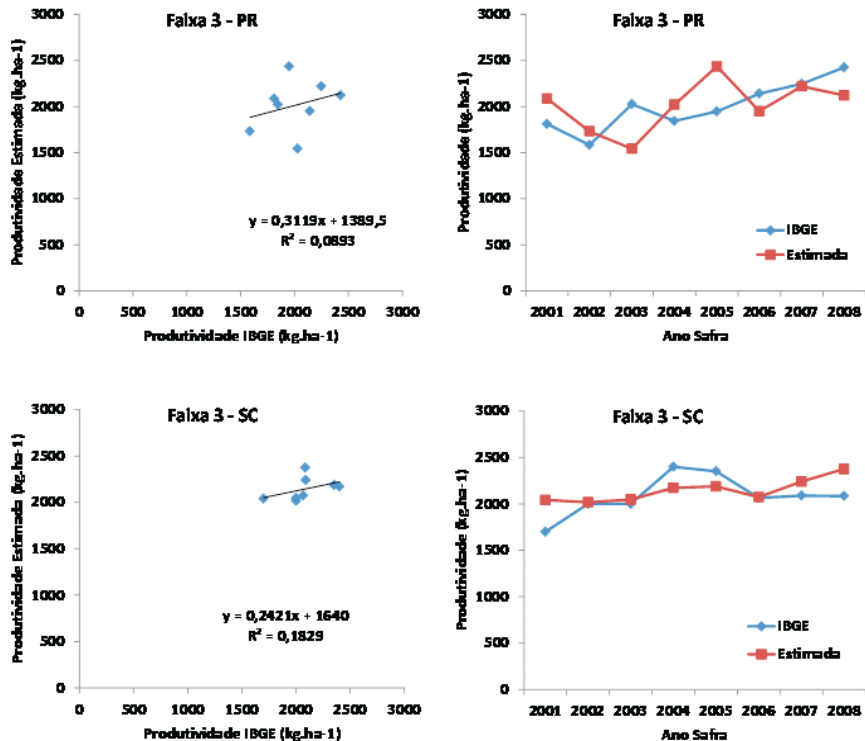


Figura 41. Continuação...

A análise de regressão entre os dados de produtividade estimados pelo modelo e os dados oficiais (IBGE) indicou um alto coeficiente de determinação na comparação da média dos vários municípios amostrados. (Figura 43). Na análise de regressão realizada com todos estimativas realizadas por município em cada ano, a correlação foi menor (Figura 42).

O WebAgritec-Feijão apresentou desempenho diversificado nos estados na previsão das produtividades de feijão em cada faixa de produtividade. Uma grande dificuldade para o desenvolvimento do modelo de produtividade de feijão é que vários estados brasileiros possuem até 3 safras e épocas de plantio regulamentadas pelo Zoneamento Agrícola e cada época de plantio chega a abranger período de até 3 meses, em alguns casos.

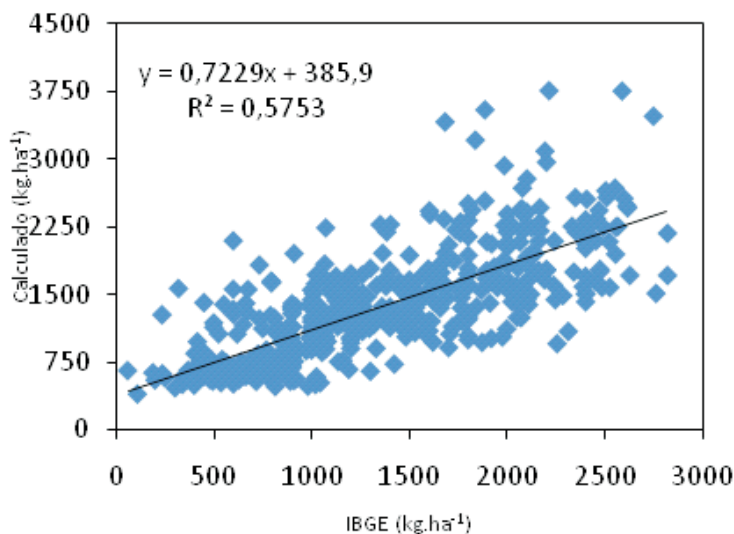


Figura 42. Análise de regressão entre produtividade de feijão estimado e oficial (IBGE) em todos os municípios amostrados e safras ao longo do período 2000 a 2008.

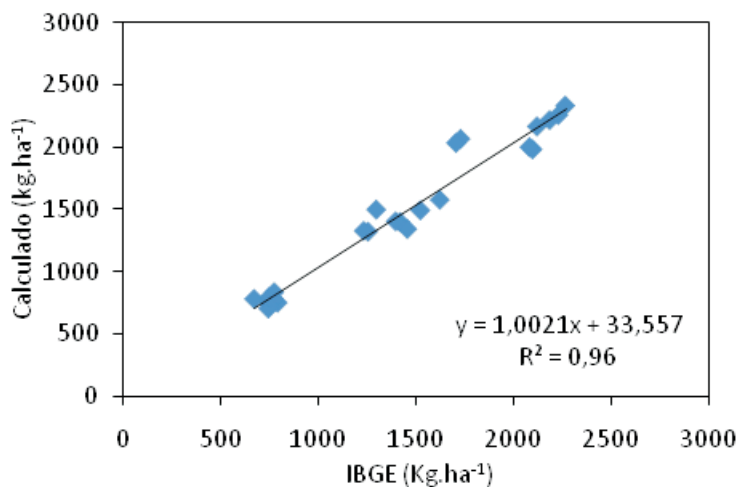


Figura 43. Análise de regressão entre estimativas das produtividades de feijão, médias por faixa de produtividade e oficial (IBGE) ao longo do período 2000 a 2008.

3.3 Arroz

3.3.1 Dados de produtividade de arroz no Brasil

A produção de arroz no Brasil está distribuída na maior parte do território nacional (Figura 44). A grande maioria dos municípios apresenta produtividades médias menores que 2 toneladas por hectare. (Figura 45). É interessante ressaltar que no conjunto dos municípios analisados, existem os que apresentam o cultivo de sequeiro e os que apresentam o cultivo de arroz irrigado. A orizicultura irrigada se concentra nos estados do Sul do Brasil, principalmente no Rio Grande do Sul. É onde são verificadas as maiores produtividades. A maior parte da produção nacional, cerca de 7,5 milhões de toneladas, vem de apenas 9 % dos municípios produtores que somam a faixa 3 e 4 de produtividade, com 62 % da produção de arroz no país (Tabela 13 e Figuras 46 e 47).

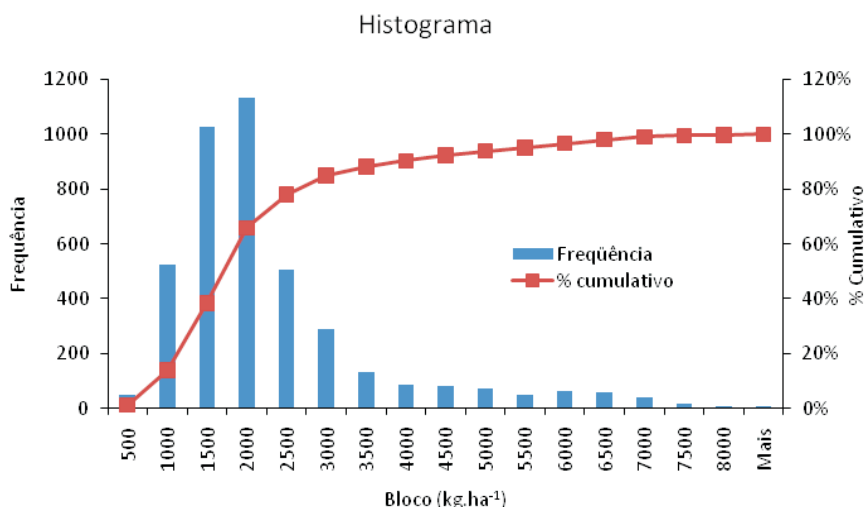
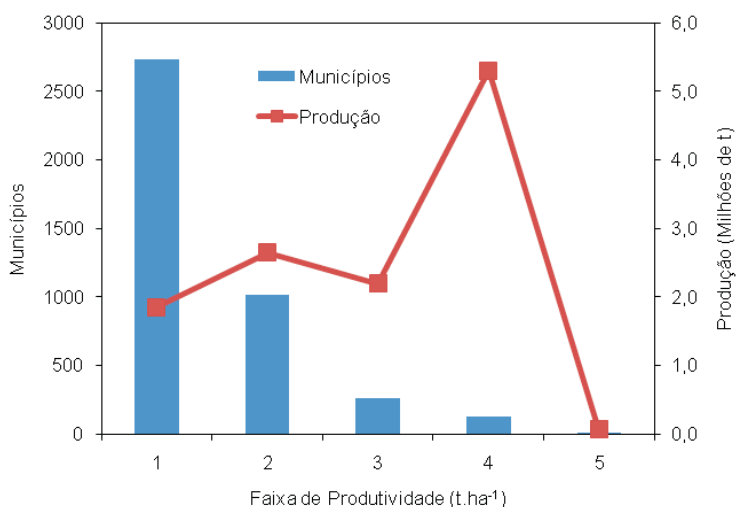


Figura 44. Histograma dos municípios produtores de arroz no Brasil.

Tabela 13. Produção e número de municípios de arroz por faixas de produtividade.

Faixa de produtividade (kg.ha ⁻¹)	Produção (milhões de toneladas)	# Municípios	% Produção	% Municípios
0 - 2000	1,85	2732	15	66
2001 - 4000	2,65	1014	22	24
4001 - 6000	2,19	265	18	6
6001 - 8000	5,30	129	44	3
>8000	0,07	9	1	0

**Figura 45.** Número de municípios e produção de arroz (milhões de t) em cada faixa de produtividade. Faixa 1 - 0 a 2000 kg.ha⁻¹; faixa 2 - 2001 a 4000 kg.ha⁻¹; faixa 3 - 4001 a 6000 kg.ha⁻¹; faixa 4 - 6001 a 8000 kg.ha⁻¹; faixa 4 - maior que 8001 kg.ha⁻¹.

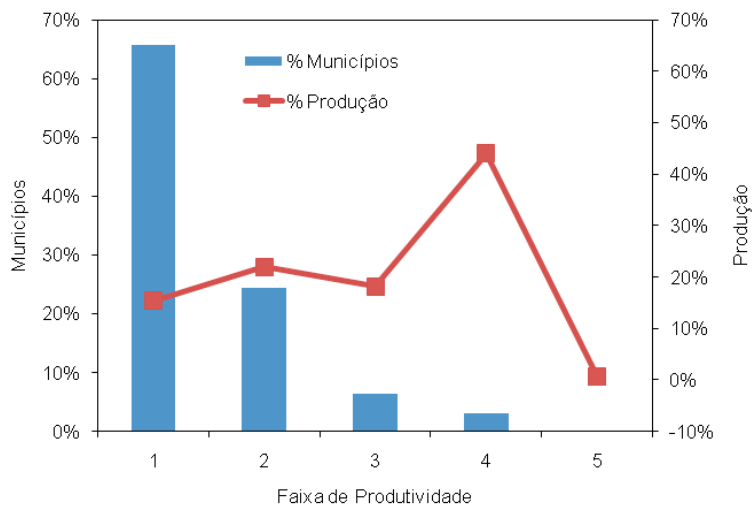


Figura 46. Percentual do total de municípios e percentual de produção de arroz em cada faixa de produtividade. Faixa 1 - 0 a 2000 kg.ha⁻¹; faixa 2 - 2001 a 4000 kg.ha⁻¹; faixa 3 - 4001 a 6000 kg.ha⁻¹; faixa 4 - 6001 a 8000 kg.ha⁻¹; faixa 5 - maior que 8001 kg.ha⁻¹.

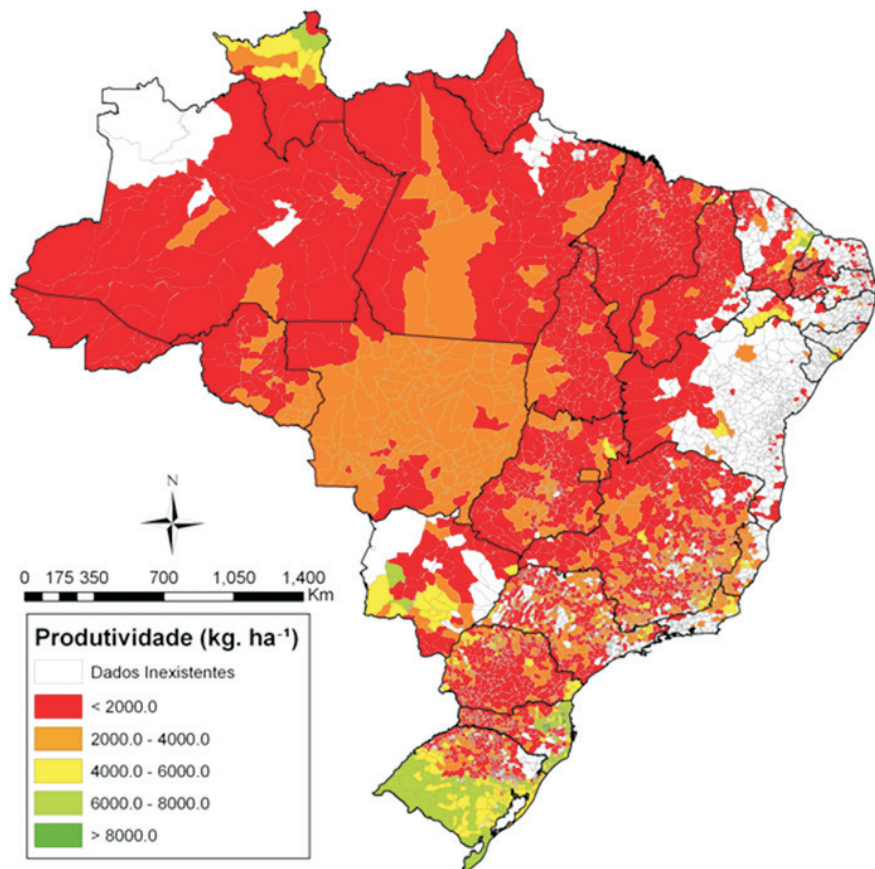


Figura 47. Mapa de produtividade de arroz representado por faixas em kg.ha⁻¹. Os pontos verdes representam os municípios amostrados utilizados na parametrização do modelo de produtividade.

A região Sul do Brasil é a maior produtora de arroz com 70,6 % de produção sendo 8527,1 mil toneladas de milho produzidas em 2008 (Tabela 14).

A produtividade média foi calculada em cada faixa de produtividade como mostra a Tabela 15. Cada faixa teve seu ajuste com seus respectivos coeficientes obtidos por análises de regressão (Figura 48).

Tabela 14. Principais estados produtores de arroz no Brasil em 2008.

Estado	Produção %	Produção (mil t)	Produtividade (kg.ha ⁻¹)
Rio Grande do Sul	60,8	7336,4	6886
Santa Catarina	8,4	1018,1	6650
Maranhão	5,7	685,6	1467
Mato Grosso	5,7	682,5	2846
Tocantins	3,5	420,6	2688
Pará	2,4	292,4	1844
Goiás	2,0	238,6	2365
Piauí	1,9	224,3	1686
Mato Grosso do Sul	1,6	188,4	5319
Paraná	1,4	172,6	3676

Tabela 15. Produtividade média calculada de arroz (kg.ha⁻¹) pela equação ajustada de 2001 a 08.

Anal. regressão		Limite superior	Faixa de Produtividade	Produtividade média de cada ano							
"a"	"b"			2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
1701,8	5,7	2000	1	1703	1695	1707	1794	1776	1634	1731	1779
2171,0	60,8	4000	2	2190	2270	2349	2464	2572	2545	2536	2631
4065,5	158,9	6000	3	4148	4447	4592	4628	4957	4988	5146	5340
5531,5	178,8	8000	4	5591	5956	6130	6152	6586	6615	6783	6877
7916,2	188,9	>8000	5	7655	8561	8621	8803	9002	8970	9304	9214

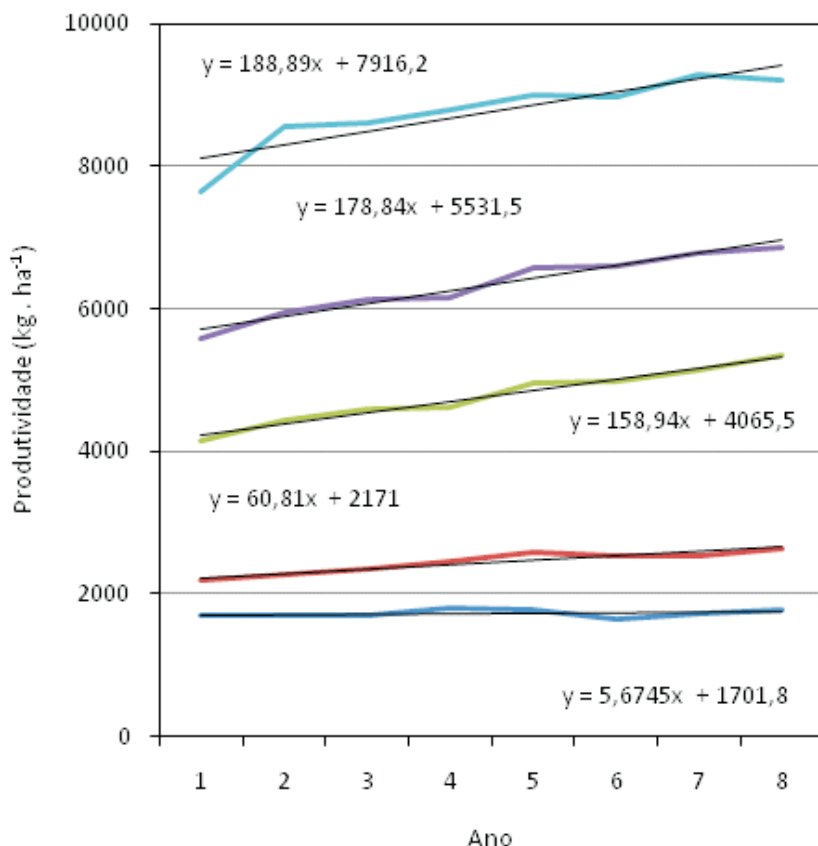


Figura 48. Produtividade média de cada uma das 5 faixas de produtividade de arroz e respectivas linhas de tendência por regressão linear no período 2001 a 2008.

3.3.2 Produtividade Potencial Tecnológica estimada

A PPT foi calculada como sendo a produtividade média dos municípios da faixa acrescida de um percentual (tabela 16) correspondente ao estimado pela penalização pela deficiência hídrica e que, portanto, minimize o erro entre as estimativas do modelo e as produtividades observadas.

Tabela 16. Produtividade Potencial Tecnológica calculada ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) pela produtividade média e fator de correção de 2001 a 08.

Faixa de Produtividade ($\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$)	Limite superior	Fator multiplicação	Produtividade Potencial Tecnológica estimada							
			2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
1	2000	1,3	1708	1713	1719	1725	1730	1736	1742	1747
2	4000	1,2	2232	2293	2353	2414	2475	2536	2597	2657
3	6000	1,11	4224	4383	4542	4701	4860	5019	5178	5337
4	8000	1,05	5710	5889	6068	6247	6426	6605	6783	6962
5	> 8000	1,05*	8105	8294	8483	8672	8861	9050	9238	9427

* Devido à inexistência de dados meteorológicos em municípios da faixa 5, não foi possível estimar o fator de multiplicação para cálculo da PP nessa faixa. Por isso, foi adotado o valor médio da faixa mais próxima.

3.3.3 Resultados do Modelo - Produtividade estimada

Em todas as faixas de produtividades, as médias entre as produtividades de arroz estimadas e IBGE foram bem próximas (Figura 49). Somente a faixa 1 apresentou uma diferença maior. Dentre as faixas de produtividade, as faixas 2 e 4 apresentaram maiores valores de correlação (Figura 50).

Na região Sul do Brasil, as faixas 1 e 3 apresentaram melhores ajustes com maiores valores de correlação entre a produtividade estimada e IBGE, (Figura 51).

Nas regiões Sudestes e Centro-Oeste, os ajustes foram bem próximos tanto na faixa 1 como na faixa 2 (Figuras 52 e 53). A região Norte não apresentou um bom ajuste (Figura 54). Já a região Nordeste obteve bom ajuste na faixa 1 de produtividade (Figura 55).

As análises de regressão entre a produtividade de arroz estimado e oficial (IBGE) foram altas tanto correlacionando com todos os municípios (Figura 56) como por faixa de produtividade (Figura 57).

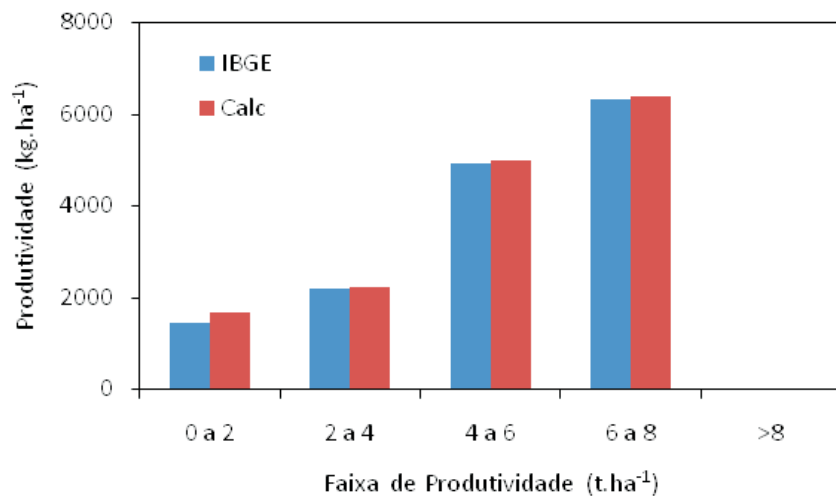


Figura 49. Médias entre as produtividades de arroz estimadas e IBGE em cada faixa de produtividade.

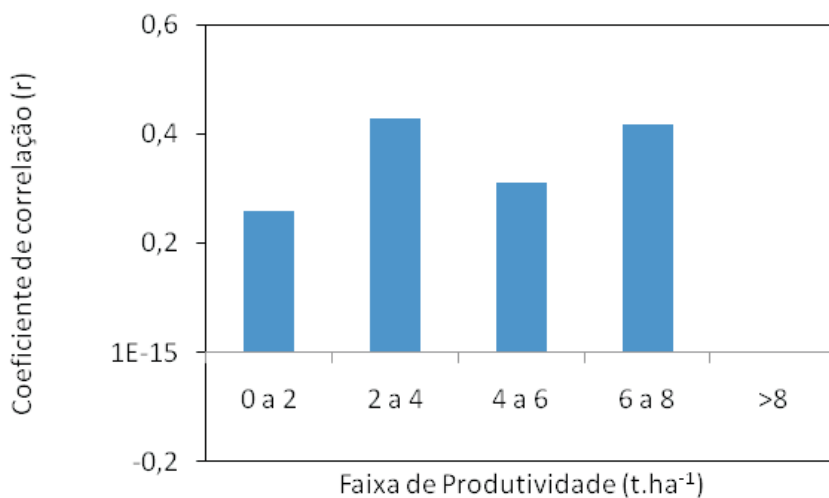


Figura 50. Coeficientes de correlação entre a produtividade de arroz estimada e IBGE em cada faixa de produtividade.

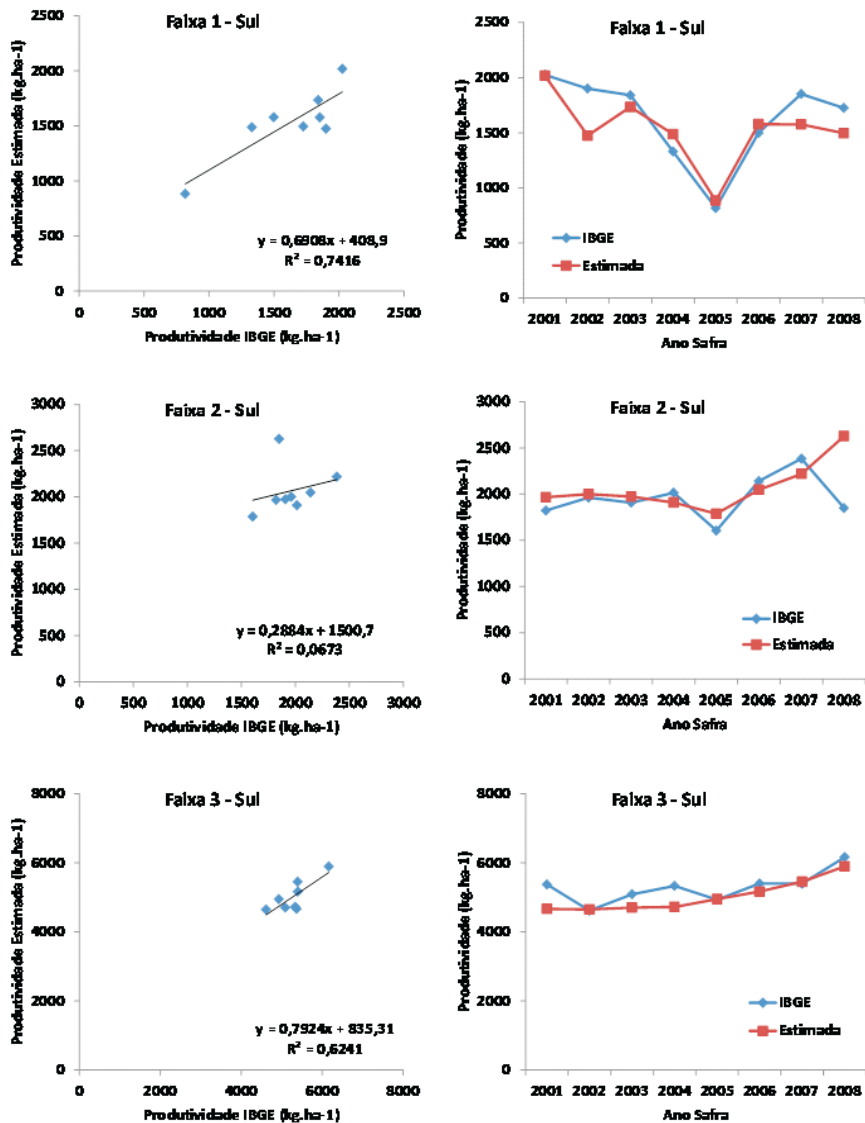


Figura 51. Análise de regressão entre produtividade de arroz estimado e oficial (IBGE) para a Região Sul (esquerda), variação da produtividade estimada e de referência (IBGE) (direita) da safra 2000/2001 a 2007/2008.

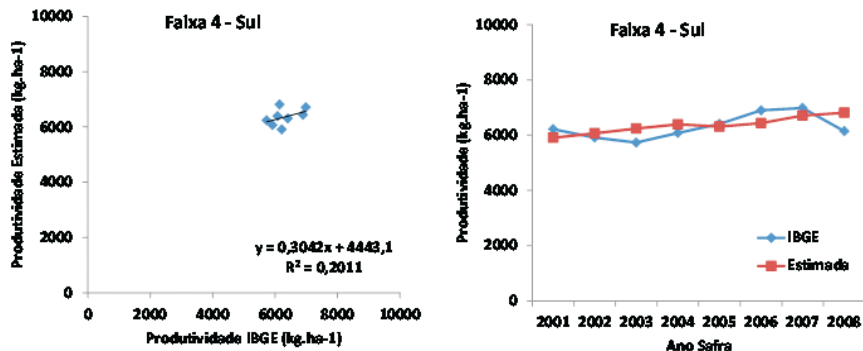


Figura 51. Continuação.

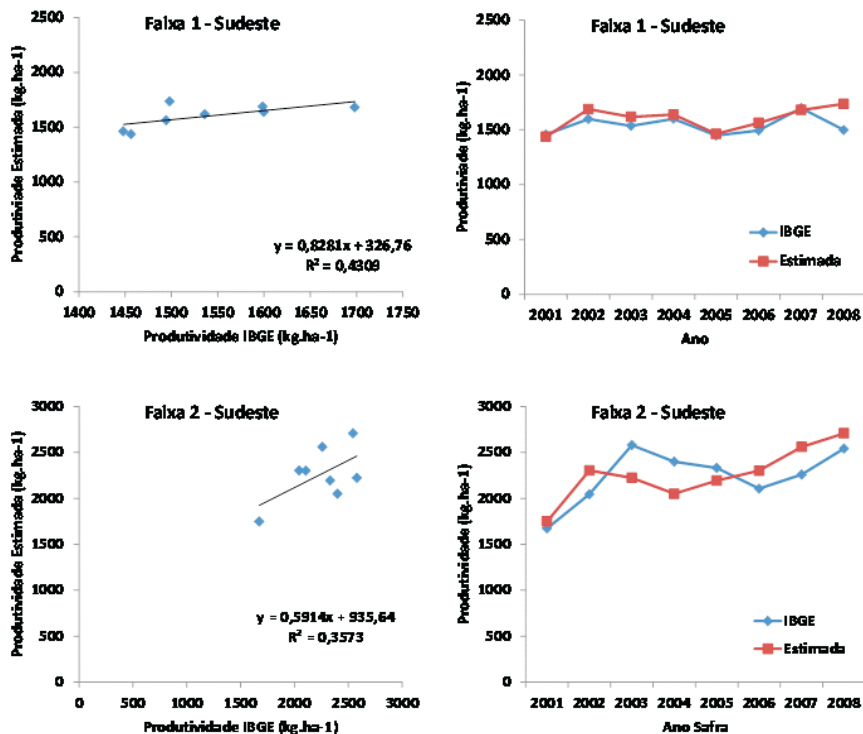


Figura 52. Análise de regressão entre produtividade de arroz estimado e oficial (IBGE) para a Região Sudeste (esquerda), variação da produtividade estimada e de referência (IBGE) (direita) da safra 2000/2001 a 2007/2008.

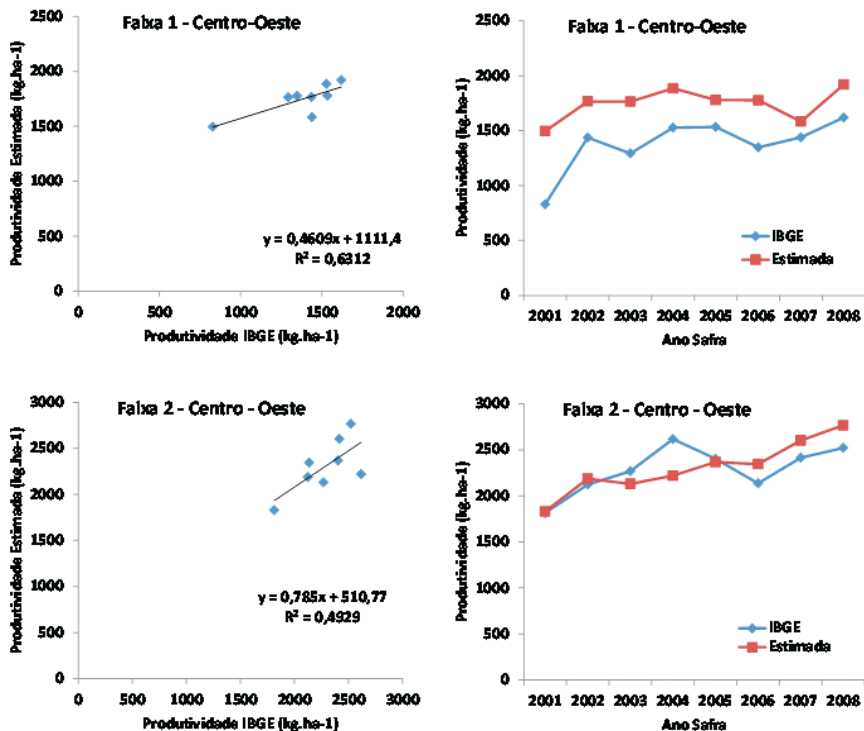


Figura 53. Análise de regressão entre produtividade de arroz estimado e oficial (IBGE) para a Região Centro-Oeste (esquerda), variação da produtividade estimada e de referência (IBGE) (direita) da safra 2000/2001 a 2007/2008.

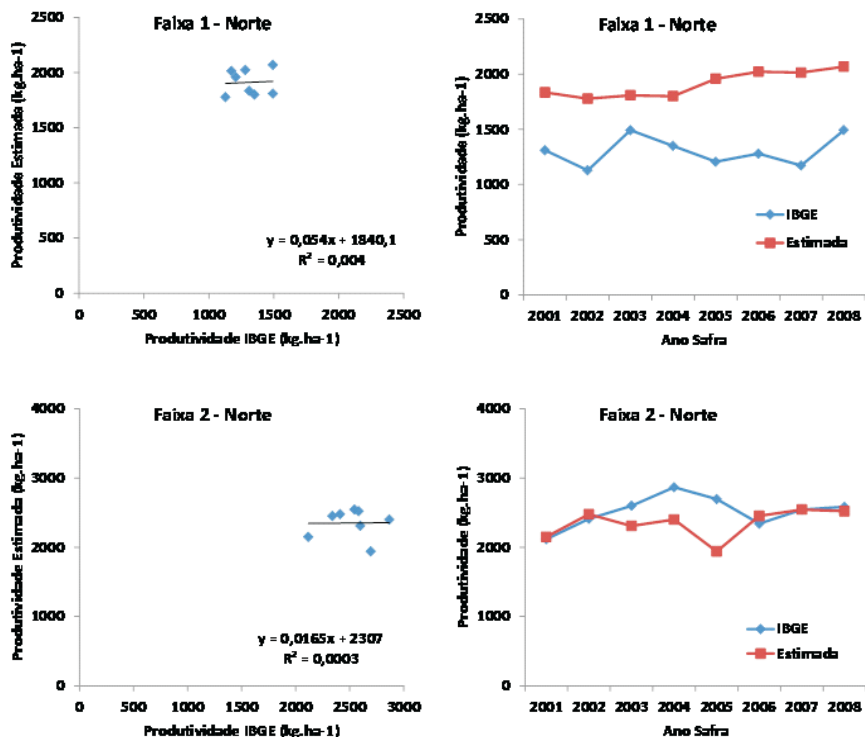


Figura 54. Análise de regressão entre produtividade de arroz estimado e oficial (IBGE) para a Região Norte (esquerda), variação da produtividade estimada e de referência (IBGE) (direita) da safra 2000/2001 a 2007/2008.

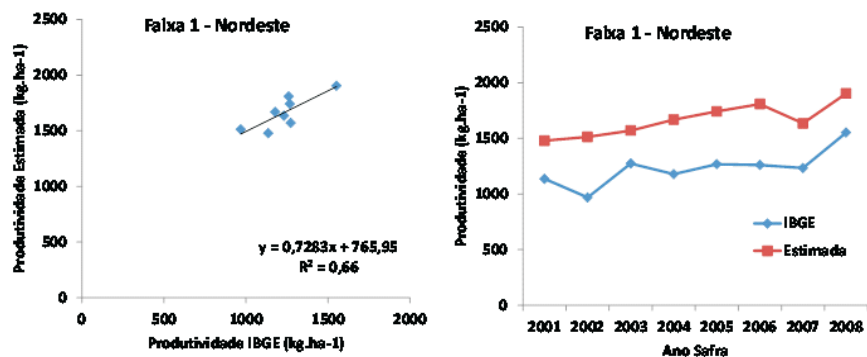


Figura 55. Análise de regressão entre produtividade de arroz estimado e oficial (IBGE) para a Região Nordeste (esquerda), variação da produtividade estimada e de referência (IBGE) (direita) da safra 2000/2001 a 2007/2008.

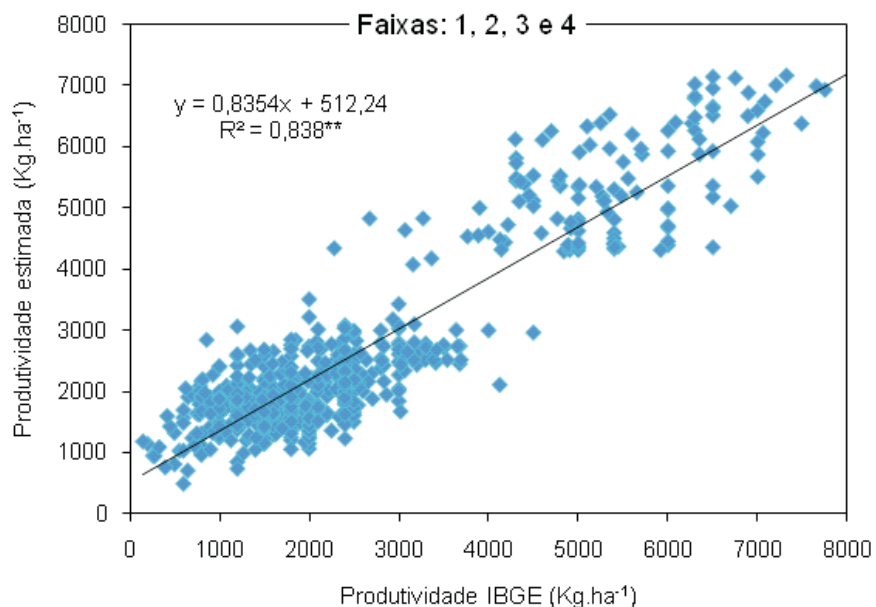


Figura 56. Análise de regressão entre produtividade de arroz estimado e oficial (IBGE) em todos os municípios amostrados e safras ao longo do período 2000 a 2008.

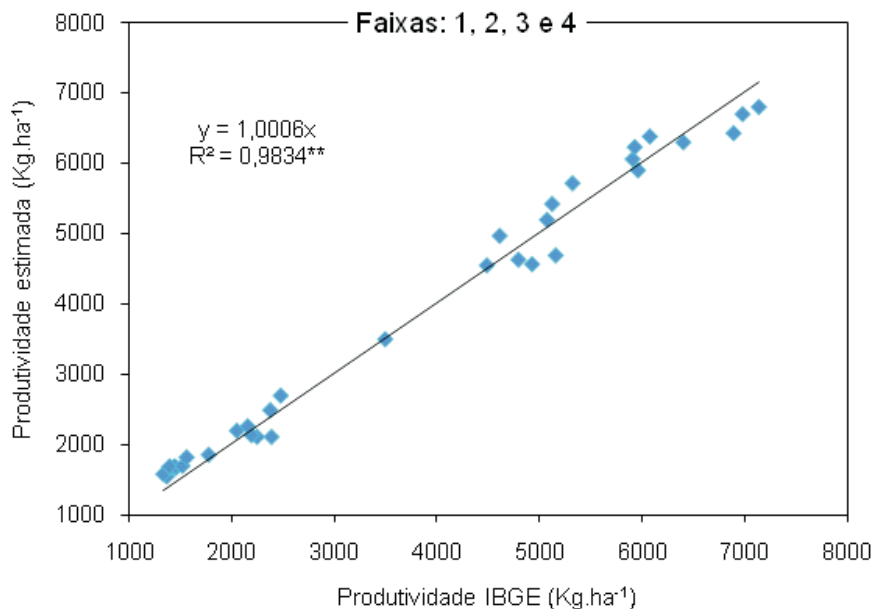


Figura 57. Análise de regressão entre estimativas das produtividades de arroz, médias por faixa de produtividade e oficial (IBGE) ao longo do período 2000 a 2008.

Em relação ao WebAgritec-Arroz observa-se uma clara distinção entre as duas primeiras faixas, de menor produtividade (0 a 2000, e 2000 a 4000 kg.ha⁻¹), e as duas faixas de maior produtividade (4000 a 6000 e 6000 a 8000 kg.ha⁻¹). Os municípios agrupados na faixa 1 apresentaram produtividade média de 1440 kg/ha⁻¹ enquanto os da faixa 2 apresentaram produtividade média de 2200 kg.ha⁻¹. Em contraste, os municípios da faixa 3 apresentaram média bem maior, em torno de 5000 kg.ha⁻¹ e os da faixa 4, 6300 kg.ha⁻¹. Isso permite distinguir os municípios com arroz predominantemente de sequeiro (terras altas) - faixas 1 e 2 - dos municípios com arroz predominantemente irrigado - faixas 3 e 4.

3.4 Trigo

3.4.1 Dados de produtividade de trigo no Brasil

A produção de trigo no Brasil está concentrada na região Sul, Centro-Oeste, Minas Gerais e São Paulo. (Figura 58). As produtividades de trigo no Brasil são, em geral, baixas. Cerca de 97 % da produção nacional é obtida em municípios com médias menores que 3 toneladas por hectare (Figura 59 e Tabela 17). A maior parte dos municípios produtores está concentrada nas faixas 1 e 2 de produtividade (Figuras 60 e 61).

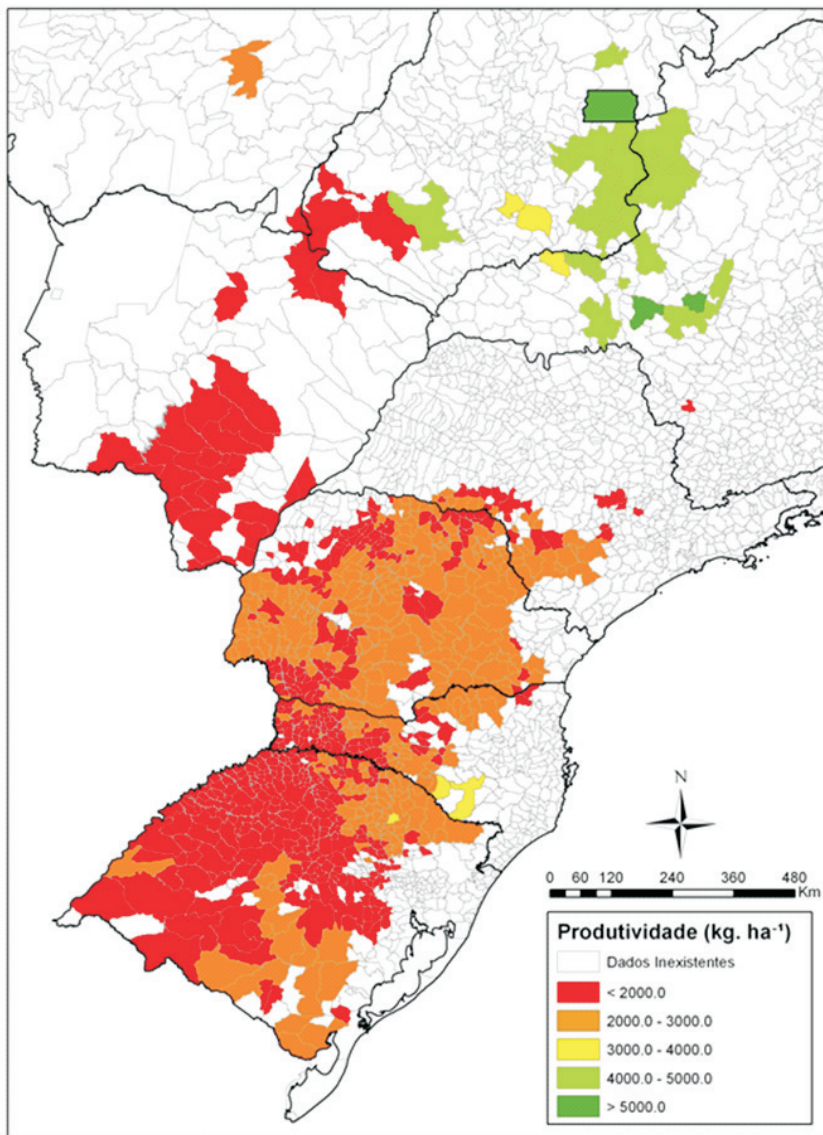


Figura 58. Mapa de produtividade de trigo representado por faixas em kg.ha^{-1} . Os pontos pretos representam os municípios amostrados utilizados na parametrização do modelo de produtividade.

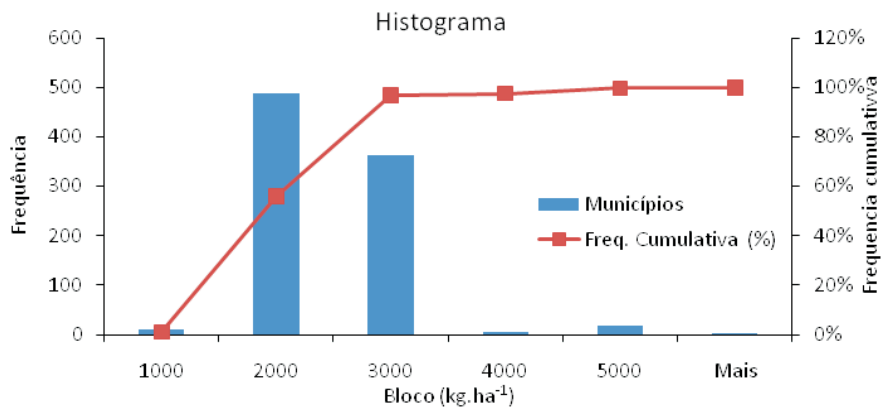


Figura 59. Histograma dos municípios produtores de trigo no Brasil.

Tabela 17. Produção e número de municípios de trigo por faixas de produtividade.

Faixa de produtividade (kg.ha ⁻¹)	Produção (milhões t)	# Municípios	% Produção	% Municípios
0 - 2000	2,46	498,00	41	56
2001 - 3000	3,33	362,00	56	41
3001 - 4000	0,01	6,00	0	1
4001 - 5000	0,12	19,00	2	2
>5000	0,04	3,00	1	0

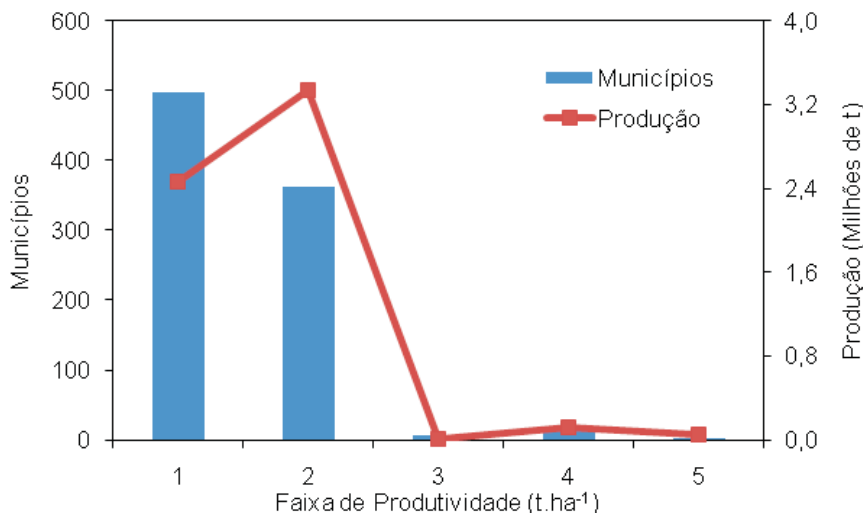


Figura 60. Número de municípios e produção de trigo (milhões de t) em cada faixa de produtividade. Faixa 1 - 0 a 2000 kg.ha⁻¹; faixa 2 - 2001 a 3000 kg.ha⁻¹; faixa 3 - 3001 a 4000 kg.ha⁻¹; faixa 4 - 4001 a 5000 kg.ha⁻¹; faixa 5 - maior que 5000 kg.ha⁻¹.

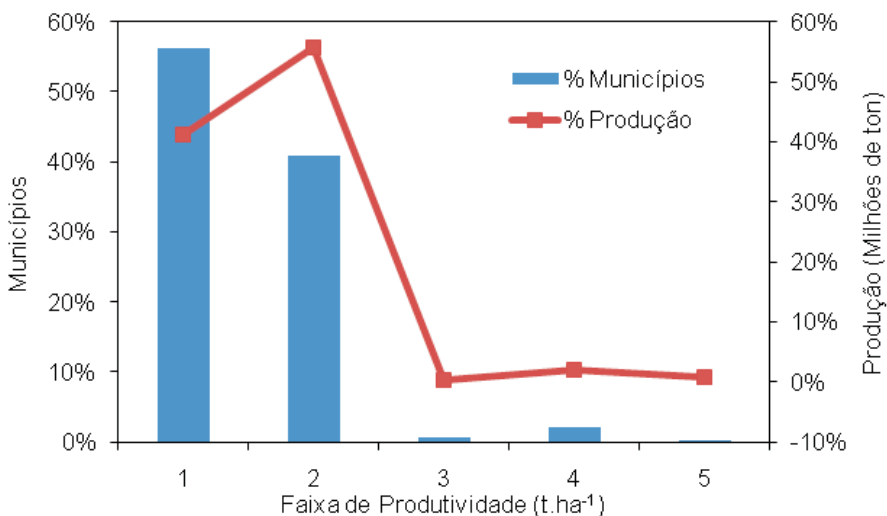


Figura 61. Percentual do total de municípios e percentual de produção de trigo em cada faixa de produtividade. Faixa 1 - 0 a 2000 kg.ha⁻¹; faixa 2 - 2001 a 3000 kg.ha⁻¹; faixa 3 - 3001 a 4000 kg.ha⁻¹; faixa 4 - 4001 a 5000 kg.ha⁻¹; faixa 5 - maior que 5000 kg.ha⁻¹.

A região Sul do Brasil é a maior produtora de trigo com 92,8 % de produção sendo 5589 mil toneladas de trigo produzidas em 2008 (Tabela 18).

A produtividade média foi calculada em cada faixa de produtividade como mostra a Tabela 19. Cada faixa teve seu ajuste com seus respectivos coeficientes obtidos por análises de regressão (Figura 62).

Tabela 18. Principais estados produtores de trigo no Brasil em 2008.

Estado	Produção (%)	Produção (mil t)	Produtividade (kg.ha ⁻¹)
Paraná	50,9	3068,1	3162
Rio Grande do Sul	36,5	2198,9	17945
Santa Catarina	5,4	323,6	4056
São Paulo	2,8	169,8	8381
Minas Gerais	1,6	97,1	5085
Goiás	1,4	86,4	2026
Mato Grosso do Sul	1,1	67,8	23515
Distrito Federal	0,3	15,0	231923

Tabela 19. Produtividade média calculada de trigo (kg.ha⁻¹) pela equação ajustada de 2001 a 2008.

Anal. regressão		Limite superior	Faixa de produtividade	Produtividade média de cada ano							
"a"	"b"			2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
1479	17	2000	1	1355	1616	1292	1971	1708	1482	1210	1801
1659	90	3000	2	1589	1926	1673	2406	2343	2126	2041	2399
2718	107	4000	3	2730	2730	2900	3500	3508	3600	3375	3250
3474	175	5000	4	3844	3650	3733	4264	4619	4449	4698	4841
4528	85	>5000	5	4748	4768	4395	4835	5063	5193	5152	5114

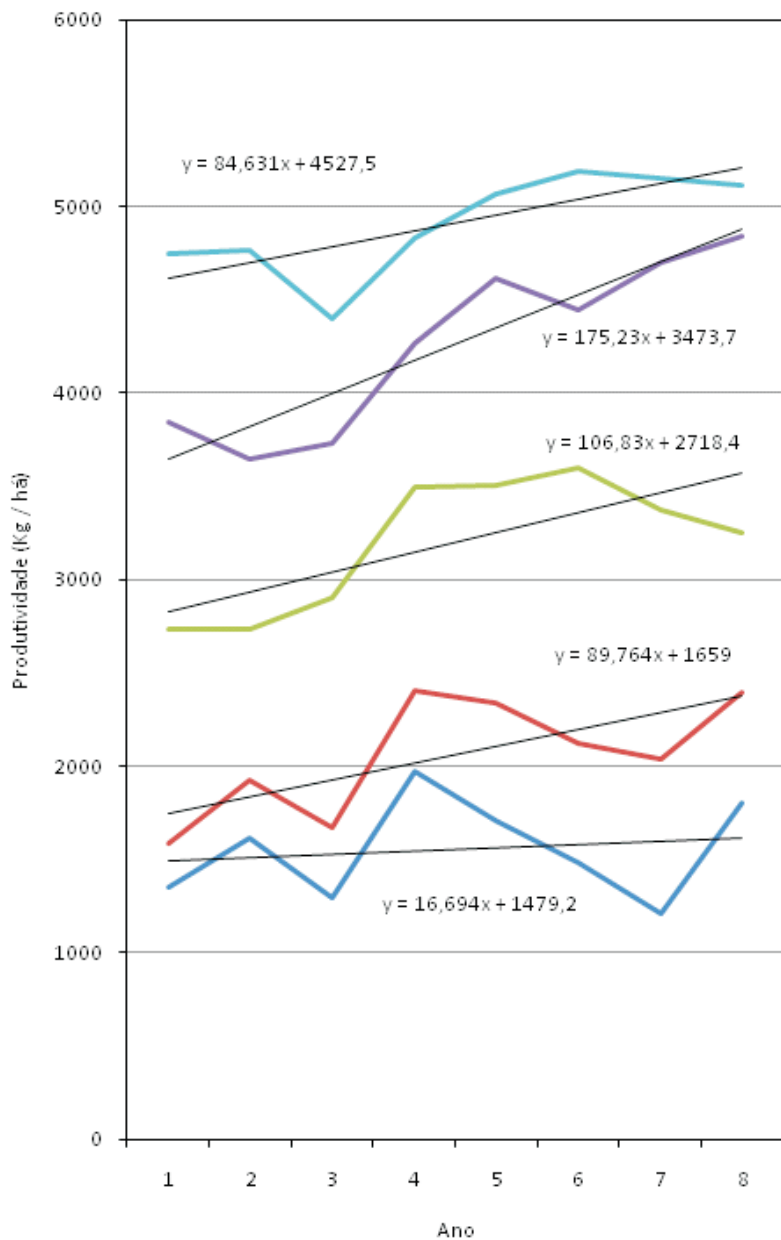


Figura 62. Produtividade média de trigo de cada uma das 5 faixas de produtividade e respectivas linhas de tendência por regressão linear no período 2001 a 2008.

3.4.2 Produtividade Potencial Tecnológica estimada

A PPT foi calculada como sendo a produtividade média dos municípios da faixa acrescida de um percentual (tabela 20) correspondente ao estimado pela penalização pela deficiência hídrica e que, portanto, minimize o erro entre as estimativas do modelo e as produtividades observadas.

Tabela 20. Produtividade Potencial Tecnológica calculada de trigo ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) pela produtividade média e fator de correção de 2001 a 2008.

Faixa de produtividade ($\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$)	Limite Superior	Fator multiplicação	Produtividade Potencial Tecnológica estimada									
			2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	
1	2000	1,5	1496	1513	1529	1546	1563	1579	1596	1613	1629	
2	3000	1,3	1749	1839	1928	2018	2108	2198	2287	2377	2467	
3	4000	1,45	2825	2932	3039	3146	3253	3359	3466	3573	3680	
4	5000	1,55	3649	3824	3999	4175	4350	4525	4700	4876	5051	
5	>5000	1,35	4612	4697	4781	4866	4951	5035	5120	5205	5289	

3.4.3 Resultados do Modelo - Produtividade estimada

Em todas as faixas de produtividades, as médias entre as produtividades de milho estimadas e IBGE foram bem próximas (Figura 63). Dentre as faixas de produtividade, apenas a faixa um apresentou menor valor de correlação em relação às outras faixas (Figura 64).

Na região Sul do Brasil, a faixa 1 de produtividade apresentou melhor ajuste com maior valor de correlação entre a produtividade estimada e IBGE (Figura 65). Já na região Centro-Oeste, a faixa 1 apresentou melhor ajuste (Figura 67). A região Sudeste obteve bom ajuste na faixa 1 de produtividade em relação às outras regiões. (Figura 66).

As análises de regressão entre a produtividade de trigo estimado e oficial (IBGE) indicou alta correlação entre os dados (Figura 68 e 69).

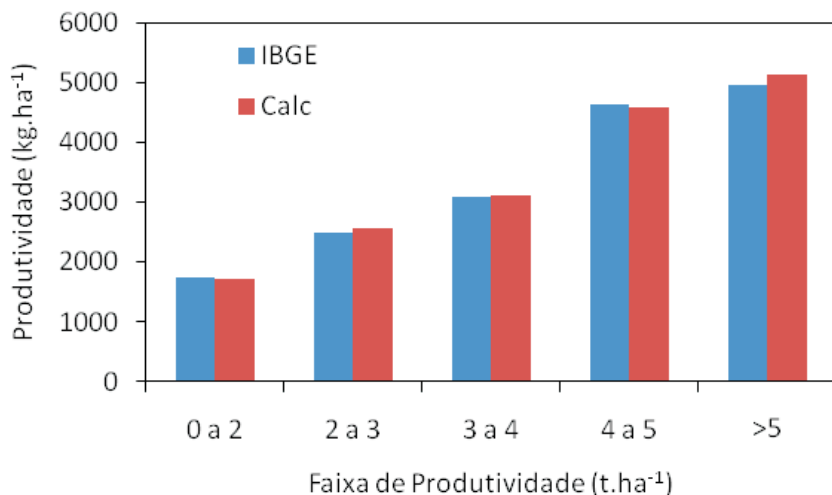


Figura 63. Médias entre as produtividades de trigo estimadas e IBGE em cada faixa de produtividade.

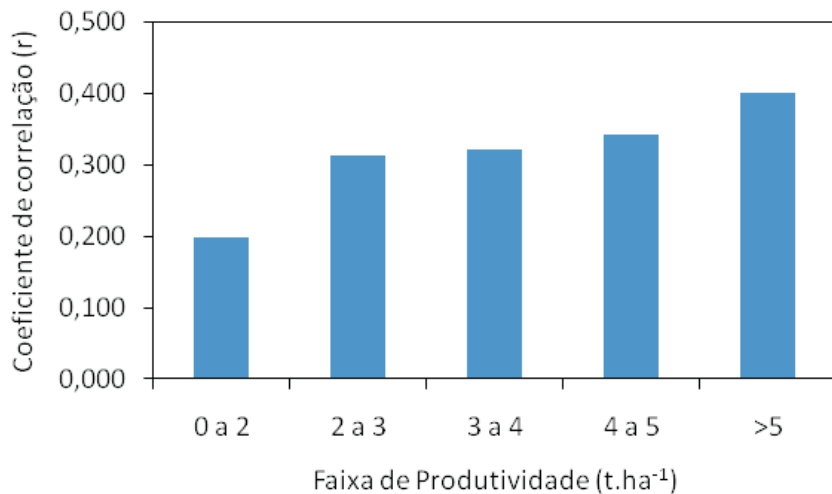


Figura 64. Coeficientes de correlação entre a produtividade de trigo estimada e IBGE em cada faixa de produtividade.

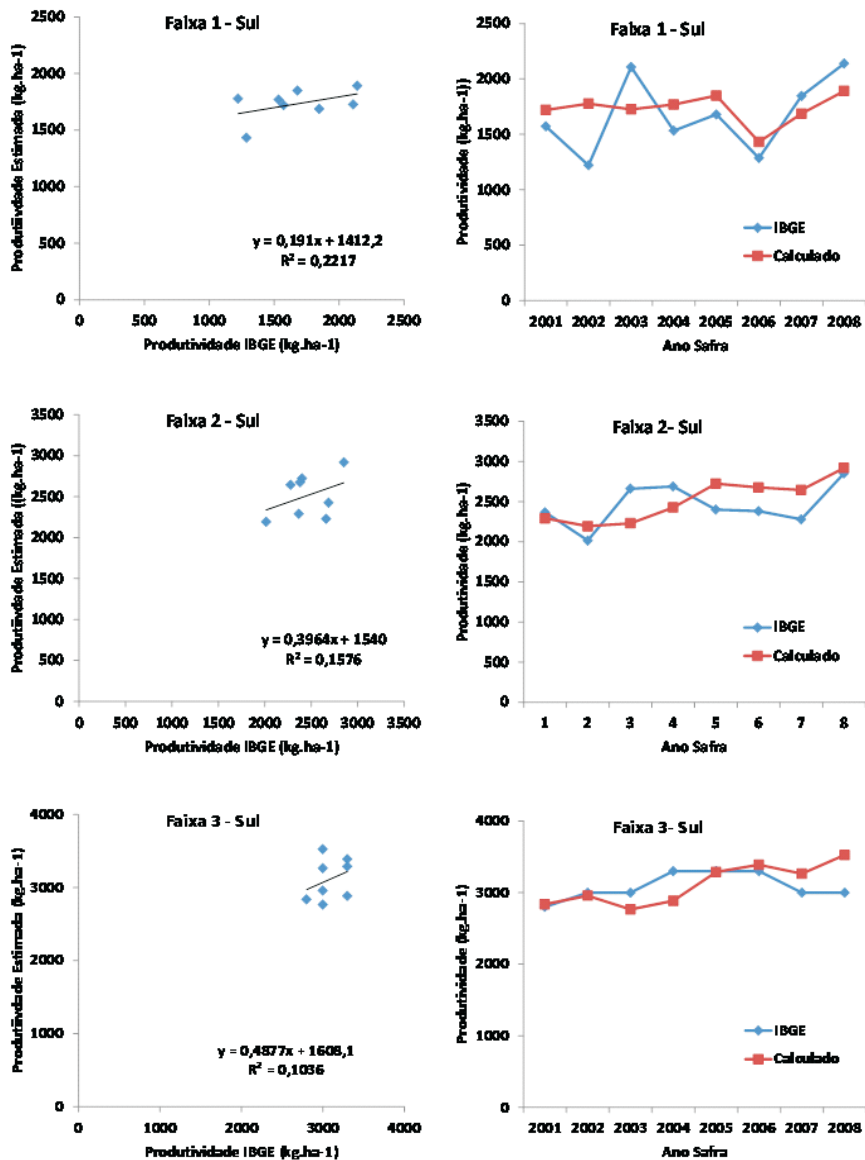


Figura 65. Análise de regressão entre produtividade de trigo estimado e oficial (IBGE) para a Região Sul (esquerda), variação da produtividade estimada e de referência (IBGE) (direita) da safra 2000/2001 a 2007/2008.

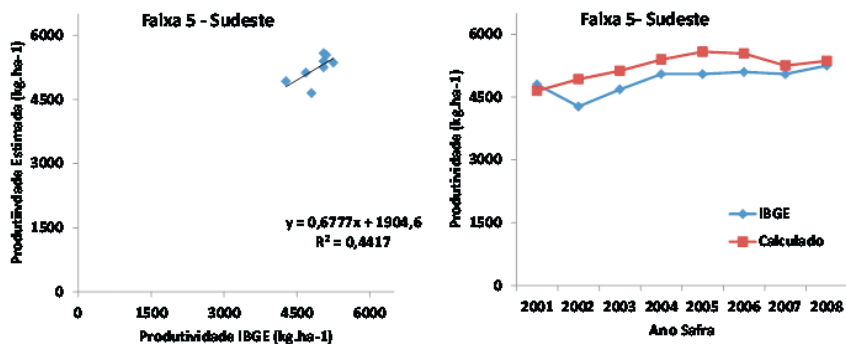


Figura 66. Análise de regressão entre produtividade de trigo estimado e oficial (IBGE) para a Região Sudeste (esquerda), variação da produtividade estimada e de referência (IBGE) (direita) da safra 2000/2001 a 2007/2008.

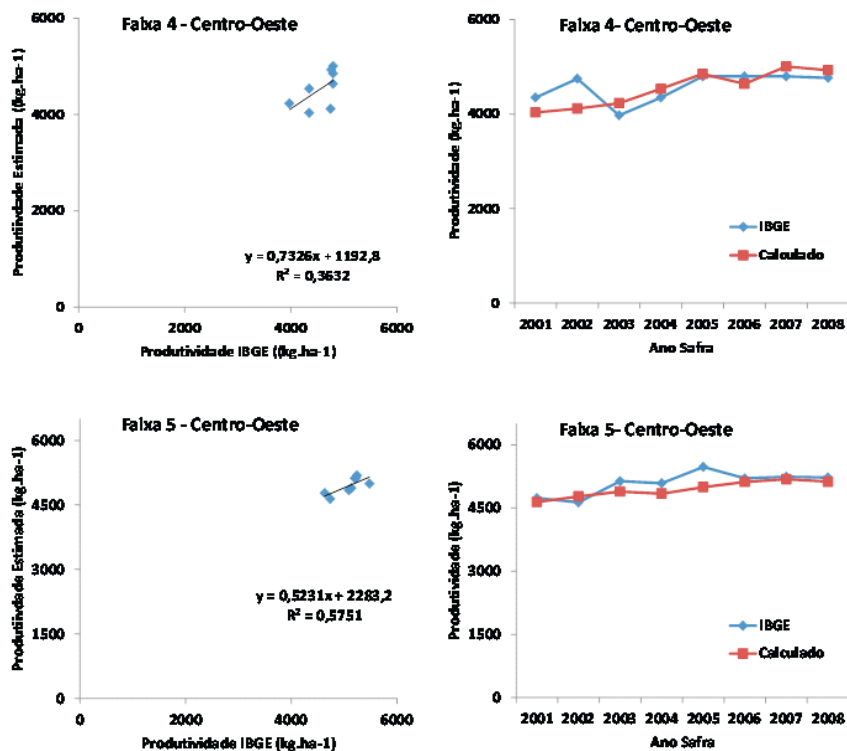


Figura 67. Análise de regressão entre produtividade de trigo estimado e oficial (IBGE) para a Região Centro-Oeste (esquerda), variação da produtividade estimada e de referência (IBGE) (direita) da safra 2000/2001 a 2007/2008.

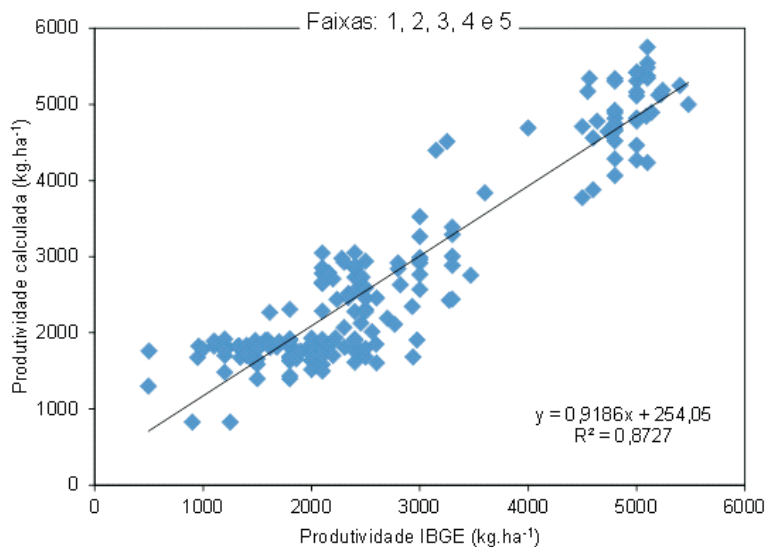


Figura 68. Análise de regressão entre produtividade de trigo estimado e oficial (IBGE) em todos os municípios amostrados e safras ao longo do período 2000 a 2008.

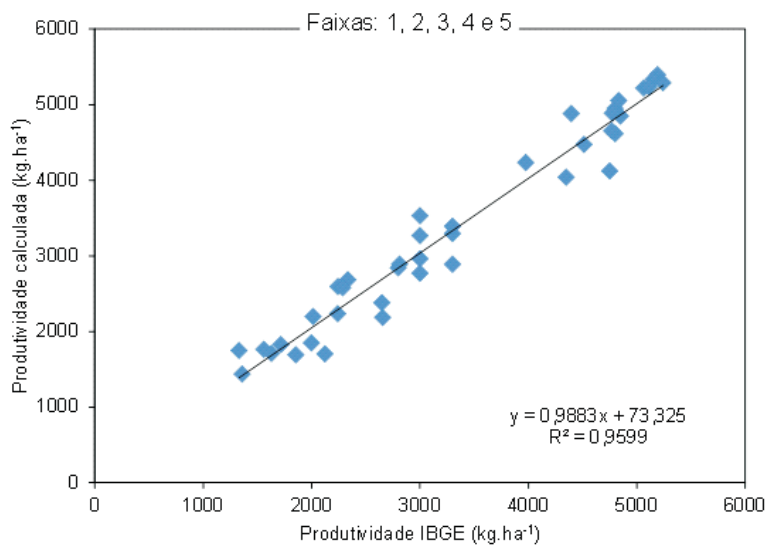


Figura 69. Análise de regressão entre estimativas das produtividades de trigo, médias por faixa de produtividade e oficial (IBGE) ao longo do período 2000 a 2008.

O WebAgritec-Trigo apresentou bom desempenho nas estimativas em todas as faixas de produtividade. Observa-se uma clara tendência de aumento na correlação dos dados nas faixas de maior produtividade o que, em geral, está de acordo com o esperado dentro do conceito de produtividade potencial tecnológica; ou seja, à medida que o efeito dos fatores redutores de produtividade desconsiderados são menores, maior a importância relativa do efeito hídrico e, portanto, melhor a calibração do modelo para esse efeito.

Um aspecto importante e inerente aos modelos de produtividade é que sua validação está atrelada aos dados oficiais históricos de produtividade. Estes, entretanto, são estimados em função da produção contabilizada em cada município e de sua área plantada, subjetivamente estimada por ocasião da semeadura da cultura.

Por conseguinte, qualquer erro na estimativa da área plantada implica, invariavelmente, em erros na estimativa da produtividade, o que dificulta a seleção de municípios com séries de estimativas fidedignas.

As restrições hídricas e os respectivos impactos na produtividade das culturas analisadas puderam ser bem caracterizadas pelo modelo proposto. Além do fator hídrico, o emprego do conceito de produtividade potencial tecnológica, com correção de tendência temporal, foi fundamental para a exatidão e precisão das estimativas.

O uso de valores derivados dos métodos de estimativa de produtividade potencial biológica se mostraram inadequados. Isso ocorre, principalmente, por que a produtividade potencial é estimada em uma condição ideal, considerando apenas a disponibilidade térmica e radiativa e desconsiderando outros fatores. Ficou claro, portanto, que na grande maioria dos municípios onde as condições de cultivo estão longe de serem ideais, uma outra referência de produtividade potencial se faz necessária. Nesse sentido, o conceito aqui sugerido de produtividade potencial tecnológica atendeu a essa necessidade.

4 Conclusões

1. O método de estimativa da produtividade potencial tecnológica permite estimar a produtividade real dos cultivos em regiões com diferentes níveis tecnológicos de manejo e práticas agrícolas;
2. Os modelos WebAgritec de estimativa de produtividade de cultivos, acoplados ao monitoramento meteorológico, permitem quantificar os efeitos da deficiência hídrica na produtividade agrícola em tempo real, nas diferentes fases do desenvolvimento dos cultivos analisados;
3. O sistema de monitoramento de produtividade WebAgritec atende à necessidade dos produtores rurais e agentes de governo de conhecer antecipadamente a quantidade produzida;
4. Os modelos de produtividade permitem estimar a produtividade ou quebra de produção de milho, arroz, feijão e trigo com base na relação entre a produtividade relativa e as condições hídricas ocorridas ao longo do ciclo desses cultivos, nas diferentes regiões do Brasil, em escala municipal.

5 Referências

ACOCK, B.; ACOCK, M.C. Potential for using long-term field research data to develop and validate crop simulators. **Agronomy Journal**, Madison, v.83, p. 56-61, 1991.

ANDRADE JÚNIOR, A. S. de; FIGUEREDO JÚNIOR, L. G. M. de; CARDOSO, M. J.; RIBEIRO, V. Q. Parametrização de modelos agrometeorológicos para estimativa de produtividade da cultura do milho na região de Parnaíba, Piauí. **Revista Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v. 37, n. 2, p. 130-134, 2006.

ASSAD, E. D.; MARIN, F. R.; EVANGELISTA, S. R.; PILAU, F. G.; FARIAS, J. R. B.; PINTO, H. S.; ZULLO JÚNIOR, J. Sistema de previsão da safra de soja para o Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 42, n. 5, p. 615-625, maio 2007.

BERGAMASCHI, H.; MATZENAUER, R. Milho. In: MONTEIRO, J. E. B. A. (Ed.) **Agrometeorologia dos cultivos: o fator meteorológico na produção agrícola**. Brasília, DF: INMET, p. 238-260, 2009.

BERKA, L. M. S.; RUDORFF, B. F. T.; SHIMABUKURO, Y. E. Soybean yield estimation by an agrometeorological model in a GIS. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 60, p. 433-440, 2003.

BONNECARRÈRE, R. A. G.; DOURADO NETO, D.; MARTIN, T. N.; PEREIRA, A.R.; MANFRON, P. A. Estimativa das produtividades potencial e deplecionada da cultura do milho no Estado do Rio Grande do Sul em função das condições climáticas. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 15, p. 280-287, 2007.

CHEEROO-NAYAMUTH, B.F. Crop modelling/simulation: an overview. In: ANNUAL MEETING OF AGRICULTURAL SCIENTISTS, 3., 1999, Réduit. [Proceedings...]. Réduit: Food and Agricultural Research Council, p.11-26, 1999.

CONAB (Brasil). **12° Levantamento anual da safra 08/09**. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/conabweb/download/safra/12_levantamento_set2009>. Acesso em: 07 de dez. 2009.

CONAB. (Brasil). **3° Levantamento Anual da Safra dez/09**. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/conabweb/download/safra/3_levantamento_dez2009>. Acesso em: 10 de fev. 2010.

CUNHA, G. R.; PIRES, J. L. F.; DALMAGO, G. A.; CAIEIRÃO, E.; PASINATO, A. Trigo. In: MONTEIRO, J. E. B. A. (Org.) **Agrometeorologia dos cultivos: o fator meteorológico na produção agrícola**. Brasília, DF: INMET, 2009. cap. 16, p. 279-293.

DOORENBOS, J.; KASSAM, A.H. **Efeito da água no rendimento das culturas**. Campina Grande: UFPB, 1994. 306 p. (Estudos FAO. Irrigação e drenagem n. 33). Tradução de H.R. Gheyi, A. A. de Souza, F. A. V., Damasco, J. F. De Medeiros.

DOORENBOS, J.; KASSAM, A. H. **Yield response to water**. Rome: FAO, 1979. 193 p. (Irrigation and drainage paper, 33).

FAO. **FAO/statistic/agriculture**. 2010. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>>. Acesso em: 18 de fevereiro de 2010.

FERRAUDO, A. S.; ANDRÉ, R. G. B.; PINHO, S. Z. de. Modelo Agrometeorológico para estimar rendimento de grãos de milho. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 3, p. 93-96, 1995.

FIGUEIREDO, D. C. Projeto GeoSafras: Sistema de Previsão de Safras da Conab. **Revista de Política Agrícola**, Brasília, DF, ano 14, n. 2, p. 110-120, abr./jun. 2005.

FIGUEREDO JÚNIOR, L. G. M. **Modelo para estimação da produtividade de grãos de milho no Estado de São Paulo**. 2004. 68 p. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba.

FONTANA, D. C.; BERLATO, M. A.; LAUSCHNER, M. H.; MELLO, R. W. Modelo de estimativa de rendimento de soja no Estado do Rio Grande do Sul. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, Brasília, DF, v. 36, n. 3, p. 399-403, mar. 2001.

HEINEMANN, A.B.; STONE, L. F.; SILVA, S. C. ARROZ. In: MONTEIRO, J. E. B. A. (Ed.). **Agrometeorologia dos cultivos**: o fator meteorológico na produção agrícola. Brasília, DF: INMET, 2009. p. 63-79.

HOOGENBOOM, G. Contribution of agrometeorology to the simulation of crop production and its applications. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, n. 103, p. 137-157, 2000.

JENSEN, M. E. Water consumption by agricultural plants. In: KOZLOWSKY, T. T. (Ed.). **Water deficits and plant growth**. New York: Academic Press, 1968. v. 2. p.1-22.

JONES, J. W.; KINIRY, J. R. **Ceres-Maize**: a simulation model of maize growth and development. Texas : Texas University Press, 1986.

IBGE. **Agricultura, Produção Agrícola Municipal (PAM)**, 2010. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 15 de jan. 2010.

MINHAS, B. S.; PARIKH, K. S.; SRINIVASAN, T. N. Towards the structure of a production function for wheat yields with dated inputs of irrigation water. **Water Resources Research**, Washington, DC, v. 10, p. 383-393, 1974.

MORAES, A. V. de C.; CAMARGO, M. B. P. de; MASCARENHAS, H. A. A.; MIRANDA, M. A. C. de; PEREIRA, J. C. V. N. A. Teste e análise de modelos agrometeorológicos de estimativa de produtividade para a cultura da soja na região de Ribeirão Preto. **Bragantia**, Campinas, v. 57, p. 393-406, 1998.

PASSIOURA, J. B. Simulation models: science, snake oil, education, or engineering? **Agronomy Journal**, v. 88, p. 690-694, 1996.

PEDERSEN, P.; LAUER, J. G. Application of the CROPGRO-soybean model to predict soybean yield. In: FERTILIZER, AGLIME AND PEST MANAGEMENT CONFERENCE, Madison. **Proceedings...** Madison: University of Wisconsin, 2002. p.186-189.

PILAU, F. G.; CARON, B. O.; SCHMIDT, D.; SOUZA, V. Q.; MANFRON, P. A. Triticale In: Monteiro, J. E. B. A. (Ed.) **Agrometeorologia dos cultivos**: o fator meteorológico na produção agrícola. Brasília, DF: INMET, 2009.

SOLER, C. T. **Uso do modelo CERES-Maize para previsão de safra do milho "safrinha"**. 2004. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba.

STEWART, J. I.; HAGAN, R. M.; PRUITT, W. O.; HEANKS, R. J.; RILEY, J. P.; DANIELSON, R. E.; FRANKLIN, W. T.; JACKSON, E. B. **Optimizing crop production through control of water and salinity levels in the soil**. Utah State University, Logan: Utah Water Research Laboratory, 1977. 478 p.

STONE, L. F.; SILVA, S. C. da. **Uso do tanque Classe A no controle da irrigação do feijoeiro no Sistema Plantio Direto**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 1999. 2 p. (Embrapa Arroz e Feijão. Pesquisa em Foco, 25).

THORNTHWAITE, C. W.; MATHER, J. R. **The water balance**. Centerton: Laboratory of Climatology, 1955. 104 p.

WANDER, A. E. Produção e consumo de feijão no Brasil, 1975-2005. **Informações Econômicas**, São Paulo, v. 37, n. 2, p. 7-21, 2007.

WIT, C. T. **Photosynthesis of leaf canopies**. Wageningen: Pudoc, 1965. 57 p. (Agriculture research report 663).

6 Literatura recomendada

ARAÚJO, J. C.; VETTORAZZI, C. A.; MOLIN J. P. Estimativa da produtividade e determinação de zonas de manejo em culturas de grãos, por meio de videografia aérea multiespectral. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 27, n. 3, p. 437-447, 2005.

BERGAMASCHI, H.; DALMAGO, G. A.; COMIRAN, F.; BERGONCI, J. I.; MÜLLER, A. G.; FRANÇA, S.; SANTOS, A. O.; RADIN, B., BIANCHI, C.A.M.; PEREIRA, P. G. Deficit hídrico e produtividade na cultura do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 41, n. 2, p. 243-249, 2006.

CAMARGO, A. P. de; MARIN, F. R.; SENTELHAS, P. C.; PICINI, A. G. Ajuste da equação de Thornthwaite para estimar a evapotranspiração potencial em climas áridos e superúmidos, com base na amplitude térmica diária. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 7, n. 2, p. 251-257, 1999.

FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. **Ecofisiologia e fenologia**: produção de milho. Guaíba: Agropecuária, 2000. Cap.1. p. 21-53.

LEAL, B. G. **Sistema computacional para avaliação e estimativa das produtividades potencial e real de culturas agrícolas**. Viçosa, MG: UFV, 2000. 96 p.

PAULO JUNIOR, T. J; FERREIRA, A. C. de B; CHAGAS, J. M; CARNEIRO, J. E. S. **Guia técnico para produção de feijão**. Belo Horizonte: Epamig, 2004. 52 p. v. 3.

PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L. R.; SENTELHAS, P. C. **Agrometeorologia:** fundamentos e aplicações práticas. Guaíba: Agropecuária, 2002. 478 p.

THORNTHWAITE, C. W. An approach toward a rational classification of climate. **Geographical Review**, v. 38, p. 55-94, 1948.

WANDER, A. E. Produção e consumo de feijão no Brasil, 1975-2005. **Informações Econômicas**, São Paulo, v. 37, n. 2, p. 7-21, 2007.

7 Anexos

7.1 Anexo 1

Milho		
Géocódigo	Município	UF
1200203	Cruzeiro do Sul	AC
1200609	Tarauacá	AC
2709152	Teotônio Vilela	AL
2702306	Coruripe	AL
2708501	São Luíz do Quitunde	AL
1302405	Lábrea	AM
1303809	São Gabriel da Cachoeira	AM
1600303	Macapá	AP
2917201	Ituaçu	BA
2917508	Jacobina	BA
2903904	Bom Jesus da Lapa	BA
2902708	Barra	BA
2918001	Jequié	BA
2906303	Canavieiras	BA
2910727	Eunápolis	BA
2906907	Caravelas	BA
2909307	Correntina	BA
2304103	Crateús	CE
2301901	Barbalha	CE
5300108	Brasília	DF
3204906	São Mateus	ES
5208004	Formosa	GO
5217302	Pirenópolis	GO
5219738	Santo Antônio de Goiás	GO
5218805	Rio Verde	GO
5203500	Bom Jesus de Góias	GO
5217609	Planaltina	GO
5210109	Ipameri	GO
5206206	Cristalina	GO
5205109	Catalão	GO
2103604	Coroatá	MA
2103505	Colinas	MA
2112407	Turialva	MA
3168804	Tiradentes	MG
3125903	Ferros	MG
3164209	São Romão	MG
3168903	Tiros	MG
3104502	Arinos	MG
3134301	Itumirim	MG
3104007	Araxá	MG

Milho		
Géocódigo	Município	UF
3136306	João Pinheiro	MG
3130309	Iguatama	MG
3101706	Almenara	MG
3135100	Janaúba	MG
3148004	Patos de Minas	MG
3101003	Águas Vermelhas	MG
3120904	Curvelo	MG
3139102	Madre de Deus de Minas	MG
3153400	Presidente Olegário	MG
3160504	São Gonçalo do Rio Abaixo	MG
3128006	Guanhães	MG
3164308	São Roque de Minas	MG
3105608	Barbacena	MG
3100104	Abadia dos Dourados	MG
3149804	Perdizes	MG
3114204	Carmo do Cajuru	MG
3112604	Capinópolis	MG
3167202	Sete Lagoas	MG
3170800	Várzea da Palma	MG
3105103	Bambuí	MG
3134202	Ituiutaba	MG
3143104	Monte Carmelo	MG
3145000	Nova Ponte	MG
3155504	Rio Paranaíba	MG
3169109	Toledo	MG
5003207	Corumbá	MS
5106257	Nova Xavantina	MT
5107008	Poxoréo	MT
5103403	Cuiabá	MT
5102504	Cáceres	MT
5107602	Rondonópolis	MT
2906204	Canarana	MT
5106802	Porto dos Gaúchos	MT
5107305	São José do Rio Claro	MT
1508100	Tucuruí	PA
1508126	Ulianópolis	PA
2507507	João Pessoa	PB
2603207	Caetés	PE
2601201	Arcoverde	PE
2208007	Picos	PI

Milho		
Géocódigo	Município	UF
2203909	Floriano	PI
2209203	Santa Filomena	PI
4127007	Teixeira Soares	PR
4119905	Ponta Grossa	PR
4113700	Londrina	PR
4118204	Paranaguá	PR
4111407	Ivaí	PR
4109401	Guarapuava	PR
4106902	Curitiba	PR
4104303	Campo Mourão	PR
4103602	Cambará	PR
4125308	São Jorge do Ivaí	PR
4105003	Catanduvas	PR
4117909	Palotina	PR
3535309	Palmital	PR
4311700	Machadinho	RO
1400100	Boa Vista	RR
4318002	São Borja	RS
4311205	Júlio de Castilhos	RS
4305108	Caxias do Sul	RS
4315602	Rio Grande	RS
4314407	Pelotas	RS
4306106	Cruz Alta	RS
4314100	Passo Fundo	RS
4202404	Blumenau	SC
4205407	Florianópolis	SC
4204301	Concórdia	SC
4208500	Ituporanga	SC
4207502	Indaial	SC
4209300	Lages	SC
4203006	Caçador	SC
4203600	Campos Novos	SC
4208005	Itá	SC
4213401	Ponte Serrada	SC
4215000	Rio Negrinho	SC
3508603	Cachoeira Paulista	SP
3538709	Piracicaba	SP
3524303	Jaboticabal	SP
3541406	Presidente Prudente	SP
3557105	Votuporanga	SP
3509502	Campinas	SP
3509700	Campos do Jordão	SP
3546405	Santa Cruz do Rio Pardo	SP
3504503	Avaré	SP
3549706	São José do Rio Pardo	SP
3505500	Barretos	SP
1721000	Palmas	TO

Feijão		
Géocódigo	Município	UF
1200203	Cruzeiro do Sul	AC
1200609	Tarauacá	AC
2709152	Teotônio Vilela	AL
2708501	São Luíz do Quitunde	AL
2702306	Coruripe	AL
1302405	Lábrea	AM
1600303	Macapá	AP
2917201	Ituaçu	BA
2917508	Jacobina	BA
2918001	Jequié	BA
2902708	Barra	BA
2906907	Caravelas	BA
2910727	Eunápolis	BA
2909307	Correntina	BA
2304103	Crateús	CE
2301901	Barbalha	CE
5300108	Brasília	DF
3204906	São Mateus	ES
5208004	Formosa	GO
5219738	Santo Antônio de Goiás	GO
5217609	Planaltina	GO
5218805	Rio Verde	GO
5206206	Cristalina	GO
5205109	Catalão	GO
5210109	Ipameri	GO
2103604	Coroatá	MA
2112407	Turiação	MA
2103505	Colinas	MA
3114204	Carmo do Cajuru	MG
3105608	Barbacena	MG
3135100	Janaúba	MG
3101706	Almenara	MG
3168804	Tiradentes	MG
3120904	Curvelo	MG
3101003	Águas Vermelhas	MG
3125903	Ferros	MG
3128006	Guanhães	MG
3160504	São Gonçalo do Rio Abaixo	MG
3169109	Toledo	MG
3139102	Madre de Deus de Minas	MG
3153400	Presidente Olegário	MG
3148004	Patos de Minas	MG
3164209	São Romão	MG
3168903	Tiros	MG
3164308	São Roque de Minas	MG
3134301	Itumirim	MG
3100104	Abadia dos Dourados	MG

Feijão		
Géocódigo	Município	UF
1200203	Cruzeiro do Sul	AC
1200609	Tarauacá	AC
2709152	Teotônio Vilela	AL
2708501	São Luíz do Quitunde	AL
2702306	Coruripe	AL
1302405	Lábrea	AM
1600303	Macapá	AP
2917201	Ituaçu	BA
2917508	Jacobina	BA
2918001	Jequié	BA
2902708	Barra	BA
2906907	Caravelas	BA
2910727	Eunápolis	BA
2909307	Correntina	BA
2304103	Crateús	CE
2301901	Barbalha	CE
5300108	Brasília	DF
3204906	São Mateus	ES
5208004	Formosa	GO
5219738	Santo Antônio de Goiás	GO
5217609	Planaltina	GO
5218805	Rio Verde	GO
5206206	Cristalina	GO
5205109	Catalão	GO
5210109	Ipameri	GO
2103604	Coroatá	MA
2112407	Turiagu	MA
2103505	Colinas	MA
3114204	Carmo do Cajuru	MG
3105608	Barbacena	MG
3135100	Janaúba	MG
3101706	Almenara	MG
3168804	Tiradentes	MG
3120904	Curvelo	MG
3101003	Águas Vermelhas	MG
3125903	Ferros	MG
3128006	Guanhães	MG
3160504	São Gonçalo do Rio Abaixo	MG
3169109	Toledo	MG
3139102	Madre de Deus de Minas	MG
3153400	Presidente Olegário	MG
3148004	Patos de Minas	MG
3164209	São Romão	MG
3168903	Tiros	MG
3164308	São Roque de Minas	MG
3134301	Itumirim	MG
3100104	Abadia dos Dourados	MG

Feijão		
Géocódigo	Município	UF
3167202	Sete Lagoas	MG
3104007	Araxá	MG
3149804	Perdizes	MG
3170800	Várzea da Palma	MG
3105103	Bambuú	MG
3155504	Rio Paranaíba	MG
3130309	Iguatama	MG
3136306	João Pinheiro	MG
3143104	Monte Carmelo	MG
3145000	Nova Ponte	MG
3104502	Arinos	MG
5003207	Corumbá	MS
2906204	Canarana	MT
5102504	Cáceres	MT
5107602	Rondonópolis	MT
5107008	Poxoréo	MT
1508100	Tucuruí	PA
1508126	Ulianópolis	PA
2603207	Caetés	PE
2601201	Arcoverde	PE
2208007	Picos	PI
2203909	Floriano	PI
2209203	Santa Filomena	PI
4118204	Paranaguá	PR
4113700	Londrina	PR
4103602	Cambará	PR
4125308	São Jorge do Ivaí	PR
3535309	Palmital	PR
4109401	Guarapuava	PR
4111407	Ivaí	PR
4106902	Curitiba	PR
4104303	Campo Mourão	PR
4105003	Catanduvas	PR
4117909	Palotina	PR
4127007	Teixeira Soares	PR
4119905	Ponta Grossa	PR
4311700	Machadinho	RO
1400100	Boa Vista	RR
4311205	Júlio de Castilhos	RS
4315602	Rio Grande	RS
4314407	Pelotas	RS
4305108	Caxias do Sul	RS
4306106	Cruz Alta	RS
4314100	Passo Fundo	RS
4205407	Florianópolis	SC
4207502	Indaial	SC
4208005	Itá	SC

Feijão		
Géocódigo	Município	UF
4208005	Itá	SC
4208500	Ituporanga	SC
4202404	Blumenau	SC
4209300	Lages	SC
4204301	Concórdia	SC
4203006	Caçador	SC
4203600	Campos Novos	SC
4213401	Ponte Serrada	SC
4215000	Rio Negrinho	SC
3509700	Campos do Jordão	SP
3508603	Cachoeira Paulista	SP
3524303	Jaboticabal	SP
3546405	Santa Cruz do Rio Pardo	SP
3509502	Campinas	SP
3504503	Avaré	SP
3505500	Barretos	SP
1721000	Palmas	TO

Arroz		
Géocódigo	Município	UF
1200203	Cruzeiro do Sul	AC
1200609	Tarauacá	AC
2708501	São Luís do Quitunde	AL
1302405	Lábrea	AM
1600303	Macapá	AP
2902708	Barra	BA
2909307	Correntina	BA
2917201	Ituaçu	BA
2301901	Barbalha	CE
5300108	Brasília	DF
5206206	Cristalina	GO
5217609	Planaltina	GO
5217302	Pirenópolis	GO
5210109	Ipameri	GO
5205109	Catalão	GO
5203500	Bom Jesus de Goiás	GO
5208004	Formosa	GO
5219738	Santo Antônio de Goiás	GO
5218805	Rio Verde	GO
2103604	Coroatá	MA
2112407	Turiaçãoçu	MA
2103505	Colinas	MA
2103208	Chapadinha	MA
2102804	Carolina	MA
2101608	Barra do Corda	MA
3135100	Janaúba	MG
3101706	Almenara	MG
3120904	Curvelo	MG
3101003	Águas Vermelhas	MG
3100104	Abadia dos Dourados	MG
3139102	Madre de Deus de Minas	MG
3153400	Presidente Olegário	MG
3128006	Guanhães	MG
3130309	Iguatama	MG
3134301	Itumirim	MG
3170800	Várzea da Palma	MG
3134202	Ituiutaba	MG
3105103	Bambuí	MG
3104502	Arinos	MG
3168903	Tiros	MG
3143104	Monte Carmelo	MG
3104007	Araxá	MG
3148004	Patos de Minas	MG
3164209	São Romão	MG
3164308	São Roque de Minas	MG
3136306	João Pinheiro	MG
3149804	Perdizes	MG

Arroz		
Géocódigo	Município	UF
3167202	Sete Lagoas	MG
3160504	São Gonçalo do Rio Abaixo	MG
3114204	Carmo do Cajuru	MG
5103403	Cuiabá	MT
2906204	Canarana	MT
5106257	Nova Xavantina	MT
5107602	Rondonópolis	MT
5102504	Cáceres	MT
5107008	Poxoréo	MT
5106802	Porto dos Gaúchos	MT
5107305	São José do Rio Claro	MT
1508100	Tucuruí	PA
1504802	Monte Alegre	PA
1508126	Ulianópolis	PA
1506807	Santarém	PA
2203909	Floriano	PI
2209203	Santa Filomena	PI
2208007	Picos	PI
3535309	Palmital	PR
4109401	Guarapuava	PR
4111407	Ivaí	PR
4113700	Londrina	PR
4119905	Ponta Grossa	PR
4104303	Campo Mourão	PR
4127007	Teixeira Soares	PR
4105003	Catanduvas	PR
4118204	Paranaguá	PR
4103602	Cambará	PR
4125308	São Jorge do Ivaí	PR
4117909	Palotina	PR
4311700	Machadinho	RO
1400100	Boa Vista	RR
4314100	Passo Fundo	RS
4306106	Cruz Alta	RS
4311205	Júlio de Castilhos	RS
4311304	Lagoa Vermelha	RS
4314407	Pelotas	RS
4318002	São Borja	RS
4315602	Rio Grande	RS
4322400	Uruguaiana	RS
4321501	Torres	RS
4301602	Bagé	RS
4208005	Itá	SC
4203600	Campos Novos	SC
4208500	Ituporanga	SC
4204301	Concórdia	SC
4203006	Caçador	SC

Arroz		
Géocódigo	Município	UF
4209300	Lages	SC
4204202	Chapecó	SC
4201406	Araranguá	SC
4202404	Blumenau	SC
4219002	Urussanga	SC
4207502	Indaial	SC
4201406	Araranguá	SC
4208203	Itajaí	SC
4213401	Ponte Serrada	SC
3524303	Jaboticabal	SP
3538709	Piracicaba	SP
3541406	Presidente Prudente	SP
3546405	Santa Cruz do Rio Pardo	SP
3505500	Barretos	SP
3549706	São José do Rio Pardo	SP
3509502	Campinas	SP
5220405	São Simão	SP
3548906	São Carlos	SP
3504503	Avaré	SP
3508603	Cachoeira Paulista	SP
1721000	Palmas	TO

Trigo		
Géocódigo	Município	UF
4318002	São Borja	RS
3538709	Piracicaba	SP
3546405	Santa Cruz do Rio Pardo	SP
4204301	Concórdia	SC
4306106	Cruz Alta	RS
4213401	Ponte Serrada	SC
4103602	Cambará	PR
4125308	São Jorge do Ivaí	PR
4127700	Toledo	PR
4204202	Chapecó	SC
4322400	Uruguaiana	RS
4113700	Londrina	PR
4119905	Ponta Grossa	PR
4311205	Júlio de Castilhos	RS
4109401	Guarapuava	PR
4111407	Ivaí	PR
4203600	Campos Novos	SC
4104303	Campo Mourão	PR
4314100	Passo Fundo	RS
3535309	Palmital	PR
4105003	Catanduvas	PR
4117909	Palotina	PR
4104907	Castro	PR
4127007	Teixeira Soares	PR
4311304	Lagoa Vermelha	RS
4301602	Bagé	RS
4209300	Lages	SC
3168903	Tiros	MG
5218805	Rio Verde	GO
5206206	Cristalina	GO
5205109	Catalão	GO
3149804	Perdizes	MG
3155504	Rio Paranaíba	MG
5300108	Brasília	DF

7.2 Anexo 2

CALENDÁRIO DE PLANTIO E COLHEITA

ARROZ

ESTADOS	FASE	21/06 a 23/09 Inverno			23/09 a 21/12 primavera			21/12 a 20/03 verão			20/03 a 21/06 outono		
		JUL 1ºQui 2ºQui	AGO 1ºQui 2ºQui	SET 1ºQui 2ºQui	OUT 1ºQui 2ºQui	NOV 1ºQui 2ºQui	DEZ 1ºQui 2ºQui	JAN 1ºQui 2ºQui	FEV 1ºQui 2ºQui	MAR 1ºQui 2ºQui	ABR 1ºQui 2ºQui	MAI 1ºQui 2ºQui	JUN 1ºQui 2ºQui
RORAIMA	PLAN.												
	COL.		C	C								P	P
RONDONIA	PLAN.					P	P						
	COL.								C	C			
ACRE	PLAN.					P	P						
	COL.								C	C			
AMAZONAS	PLAN.					P	P						
	COL.								C	C			
AMAPÁ	PLAN.												
	COL.								P	P			C
PARÁ	PLAN.												
	COL.								P	P			C
TOCANTINS	PLAN.												
	COL.					P	P						C
MARANHÃO	PLAN.												
	COL.								P	P			C
PIAUÍ	PLAN.												
	COL.								P	P			C
CEARÁ	PLAN.												
	COL.								P	P			C

Continua...

...vContinuação

**CALENDÁRIO DE PLANTIO E COLHEITA
ARROZ**

ESTADOS	FASE	21/06 a 23/09 Inverno			23/09 a 21/12 primavera			21/12 a 20/03 verão			20/03 a 21/06 outono		
		JUL 1ºQui 2ºQui	AGO 1ºQui 2ºQui	SET 1ºQui 2ºQui	OUT 1ºQui 2ºQui	NOV 1ºQui 2ºQui	DEZ 1ºQui 2ºQui	JAN 1ºQui 2ºQui	FEV 1ºQui 2ºQui	MAR 1ºQui 2ºQui	ABR 1ºQui 2ºQui	MAI 1ºQui 2ºQui	JUN 1ºQui 2ºQui
PARANÁ	PLAN.				P	P							
	COL.									C	C		
SANTA CATARINA	PLAN.				P	P							
	COL.							C	C				
RIO G. DO SUL	PLAN.					P	P						
	COL.									C	C		
	Legenda:	Ciclo: 105 a 135 dias.											
		P	P	plântio		colheita							
	Fonte: CONAB/SUINF/GEASA			plântio intenso	C	C	colheita intensa						

CALENDÁRIO DE PLANTIO E COLHEITA
FEIJÃO 2ª

ESTADOS	FASE	21/06 a 23/09 Inverno			23/09 a 21/12 primavera			21/12 a 20/03 verão			20/03 a 21/06 outono			JUN 1ºQui 2ºQui
		JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI		
		1ºQui 2ºQui	1ºQui 2ºQui	1ºQui 2ºQui	1ºQui 2ºQui	1ºQui 2ºQui	1ºQui 2ºQui	1ºQui 2ºQui	1ºQui 2ºQui	1ºQui 2ºQui	1ºQui 2ºQui	1ºQui 2ºQui		
RORAIMA	PLAN.													
	COL.													
RONDÔNIA	PLAN.													
	COL.													
ACRE	PLAN.													
	COL.													
PARÁ	PLAN.													
	COL.													
TOCANTINS	PLAN.													
	COL.													
MARANHÃO	PLAN.													
	COL.													
PIAUÍ	PLAN.													
	COL.													
CEARÁ	PLAN.													
	COL.													
RIO G. DO NORTE	PLAN.													
	COL.													
PARAÍBA	PLAN.													
	COL.													
PERNAMBUCO	PLAN.													
	COL.													
MATO GROSSO	PLAN.													
	COL.													
MATO G. DO SUL	PLAN.													
	COL.													
GOIÁS	PLAN.													
	COL.													
DISTRITO FEDERAL	PLAN.													
	COL.													

Continua...

...vContinuação

CALENDÁRIO DE PLANTIO E COLHEITA FEIJÃO 2ª

ESTADOS	FASE	21/06 a 23/09			23/09 a 21/12			21/12 a 20/03			20/03 a 21/06		
		Inverno			primavera			verão			outono		
		JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN
		1ºQui 2ºQui	1ºQui 2ºQui	1ºQui 2ºQui	1ºQui 2ºQui	1ºQui 2ºQui	1ºQui 2ºQui	1ºQui 2ºQui	1ºQui 2ºQui	1ºQui 2ºQui	1ºQui 2ºQui	1ºQui 2ºQui	1ºQui 2ºQui
MINAS GERAIS	PLAN.								P	P			
	COL.											C	C
ESPIRITO SANTO	PLAN.								P				
	COL.											C	C
RIO DE JANEIRO	PLAN.									P			
	COL.												C C
SÃO PAULO	PLAN.							P	P				
	COL.										C	C	
PARANÁ	PLAN.									P	P		
	COL.												
SANTA CATARINA	PLAN.											C	C
	COL.												
RIO G. DO SUL	PLAN.								P	P			
	COL.											C	C
	Legenda:	P	P	plantio intenso	C	C	colheita intensa						
	Fonte: CONAB/SUINF/GEASA												

Ciclo: 60 a 120 dias. Plantio: Janeiro a Março

CALENDÁRIO DE PLANTIO E COLHEITA
FEIJÃO 3ª

ESTADOS	FASE	21/06 a 23/09 Inverno			23/09 a 21/12 primavera			21/12 a 20/03 verão			20/03 a 21/06 outono			JUN	
		JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN		
		1ºQui 2ºQui	1ºQui 2ºQui	1ºQui 2ºQui	1ºQui 2ºQui	1ºQui 2ºQui	1ºQui 2ºQui	1ºQui 2ºQui	1ºQui 2ºQui	1ºQui 2ºQui	1ºQui 2ºQui	1ºQui 2ºQui	1ºQui 2ºQui		
RORAIMA	PLAN.														
	COL.		C	C										P	P
	PLAN.														
RONDONIA	PLAN.														
	COL.														
	PLAN.														
ACRE	PLAN.														
	COL.													P	
	PLAN.														
AMAPÁ	PLAN.														
	COL.		C	C										P	P
	PLAN.														
AMAZONAS	PLAN.														
	COL.		C	C										P	P
	PLAN.														
PARÁ	PLAN.														
	COL.			C	C									P	P
	PLAN.														
TOCANTINS	PLAN.														
	COL.		C	C										P	P
	PLAN.														
CEARÁ	PLAN.														
	COL.			C	C									P	P
	PLAN.														
PARAIBA	PLAN.														
	COL.			C	C									P	P
	PLAN.														
PERNAMBUCO	PLAN.														
	COL.		C	C										P	P
	PLAN.														
ALAGOAS	PLAN.														
	COL.	C	C											P	P
	PLAN.														
SERGIPE	PLAN.														
	COL.		C	C										P	P
	PLAN.														
BAHIA	PLAN.														
	COL.		C	C										P	P
	PLAN.														
MATO G. DO SUL	PLAN.														
	COL.													P	
	PLAN.														
	COL.													C	C

Continua...

CALENDÁRIO DE PLANTIO E COLHEITA
MILHO 1ª

ESTADOS	FASE	21/06 a 23/09 Inverno			23/09 a 21/12 primavera			21/12 a 20/03 verão			20/03 a 21/06 outono		
		JUL 1ºQui 2ºQui	AGO 1ºQui 2ºQui	SET 1ºQui 2ºQui	OUT 1ºQui 2ºQui	NOV 1ºQui 2ºQui	DEZ 1ºQui 2ºQui	JAN 1ºQui 2ºQui	FEV 1ºQui 2ºQui	MAR 1ºQui 2ºQui	ABR 1ºQui 2ºQui	MAI 1ºQui 2ºQui	JUN 1ºQui 2ºQui
RONDÔNIA	PLAN.				P	P							
	COL.								C	C			
ACRE	PLAN.				P	P							
	COL.								C	C			
AMAZONAS	PLAN.				P	P							
	COL.									C	C		
PARÁ	PLAN.				P	P							
	COL.										C	C	
TOCANTINS	PLAN.				P	P							
	COL.										C	C	
MARANHÃO	PLAN.				P	P							
	COL.										C	C	
PIAUI	PLAN.				P	P							
	COL.										C	C	
PERNAMBUCO	PLAN.												
	COL.										C	C	
BAHIA	PLAN.				P	P							
	COL.										C	C	
MATO GROSSO	PLAN.				P	P							
	COL.										C	C	
MATO G. DO SUL	PLAN.				P	P							
	COL.										C	C	
GOIÁS	PLAN.				P	P							
	COL.										C	C	
DISTRITO FEDERAL	PLAN.				P	P							
	COL.										C	C	
MINAS GERAIS	PLAN.				P	P							
	COL.										C	C	

Continua...

CALENDÁRIO DE PLANTIO E COLHEITA
MILHO 2ª

ESTADOS	FASE	21/06 a 23/09			23/09 a 21/12			21/12 a 20/03			20/03 a 21/06		
		Inverno			primavera			verão			outono		
		JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	JAN	FEB	MAR	ABR	MAI	JUN
		1ºQui 2ºQui	1ºQui 2ºQui	1ºQui 2ºQui	1ºQui 2ºQui	1ºQui 2ºQui	1ºQui 2ºQui	1ºQui 2ºQui	1ºQui 2ºQui	1ºQui 2ºQui	1ºQui 2ºQui	1ºQui 2ºQui	1ºQui 2ºQui
RORAIMA	PLAN.												
	COL.				C	C						P	P
RONDONIA	PLAN.									P	P		
	COL.		C	C									
AMAPÁ	PLAN.												
	COL.												
PARÁ	PLAN.												
	COL.							P	P				
TOCANTINS	PLAN.												
	COL.		C	C									
MARANHÃO	PLAN.												
	COL.		C	C				P	P				
PIAUI	PLAN.												
	COL.		C	C				P	P				
CEARÁ	PLAN.												
	COL.		C	C									
RIO G. DO NORTE	PLAN.												
	COL.		C	C									
PARAIBA	PLAN.												
	COL.		C	C									
PERNAMBUCO	PLAN.												
	COL.		C	C									
ALAGOAS	PLAN.												
	COL.				C	C							
SERGIPE	PLAN.												
	COL.				C	C							
BAHIA	PLAN.												
	COL.				C	C							
MATO GROSSO	PLAN.												
	COL.		C										

Continua...

...vContinuação

**CALENDÁRIO DE PLANTIO E COLHEITA
MILHO 2ª**

ESTADOS	FASE	20/03 a 21/06												
		21/06 a 23/09				21/12 a 20/03				outono				
		Inverno		primavera		verão		verão		ABR		MAI		JUN
	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN		
	1ºQui 2ºQui	1ºQui 2ºQui	1ºQui 2ºQui	1ºQui 2ºQui	1ºQui 2ºQui	1ºQui 2ºQui	1ºQui 2ºQui	1ºQui 2ºQui	1ºQui 2ºQui	1ºQui 2ºQui	1ºQui 2ºQui	1ºQui 2ºQui	1ºQui 2ºQui	1ºQui 2ºQui
MATO GROSSO	PLAN.	C												
	COL.													
	PLAN.													
MATO G. DO SUL	COL.	C	C											
	PLAN.													
	PLAN.													
GOIÁS	COL.	C												
	PLAN.													
	PLAN.													
DISTRITO FEDERAL	COL.	C												
	PLAN.													
	PLAN.													
MINAS GERAIS	COL.	C	C											
	PLAN.													
	PLAN.													
ESPIRITO SANTO	COL.	C	C											
	PLAN.													
	PLAN.													
RIO DE JANEIRO	COL.	C	C											
	PLAN.													
	PLAN.													
SÃO PAULO	COL.	C	C	C										
	PLAN.													
	PLAN.													
PARANÁ	COL.													
	PLAN.													
	PLAN.													
SANTA CATARINA	COL.													
	PLAN.													
	PLAN.													
Legenda:		P	P											
Fonte: CONAB/SUINF/GEASA														

Ciclo: 90 a 150 dias. Plantio: Janeiro a Junho

colheita
colheita intensa

plantio
plantio intenso

C C C

CALENDÁRIO DE PLANTIO E COLHEITA

ESTADOS	FASE	21/06 a 23/09 inverno			23/09 a 21/12 primavera			21/12 a 20/03 verão			20/03 a 21/06 outono		
		JUL 1ºQui 2ºQui	AGO 1ºQui 2ºQui	SET 1ºQui 2ºQui	OUT 1ºQui 2ºQui	NOV 1ºQui 2ºQui	DEZ 1ºQui 2ºQui	JAN 1ºQui 2ºQui	FEV 1ºQui 2ºQui	MAR 1ºQui 2ºQui	ABR 1ºQui 2ºQui	MAI 1ºQui 2ºQui	JUN 1ºQui 2ºQui
MATO G. DO SUL	PLAN.												
	COL.		C	C						P	P		
	PLAN.												
GOIÁS	PLAN.												
	COL.			C	C								
	PLAN.												
DISTRITO FEDERAL	PLAN.												
	COL.			C	C								
	PLAN.												
MINAS GERAIS	PLAN.												
	COL.		C	C						P	P		
	PLAN.												
SÃO PAULO	PLAN.												
	COL.		C	C									
	PLAN.												
PARANÁ	PLAN.												
	COL.			C	C								
	PLAN.												
SANTA CATARINA	PLAN.												
	COL.				C	C							
	PLAN.												
RIO G. DO SUL	PLAN.												
	COL.				C	C							
	PLAN.												
Legenda:			plântio	plântio intenso	colheita	colheita intensa	Ciclo: 120 a 135 dias.						
		P	P		C	C							
Fonte: CONAB/SUINF/GEASA													



Informática Agropecuária

Ministério da
Agricultura, Pecuária
e Abastecimento



CGPE 9162