



X CONFERÊNCIA NACIONAL DE CARTOGRAFIA E GEODESIA

INFORMAÇÃO GEOESPACIAL PARA OS OBJETIVOS DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

INSTITUTO POLITÉCNICO DA GUARDA

02 – 03 NOVEMBRO 2023

Influência do Tipo de Amostragem na Validação de Mapas de Alterações de Uso e Ocupação de Solo

Ismael JESUS^{1,2}, Cidália FONTE^{2,3}, Jacinto ESTIMA¹ e Alberto CARDOSO¹

¹ Universidade de Coimbra, Departamento de Engenharia Informática, CISUC, Coimbra, Portugal

² Instituto de Engenharia de Sistemas e Computadores de Coimbra (INESC Coimbra), Coimbra, Portugal

³ Universidade de Coimbra, Departamento de Matemática, Coimbra, Portugal

(ijesus@dei.uc.pt; cfonte@mat.uc.pt; estima@dei.uc.pt; alberto@dei.uc.pt)

Índice

1. Problema
2. Caso de Estudo
 - I – Efeitos da Alocação
 - II – Efeitos dos Estratos usados
3. Aspetos Finais
4. Trabalho Futuro



X CONFERÊNCIA NACIONAL DE CARTOGRAFIA E GEODESIA

INFORMAÇÃO GEOESPACIAL PARA OS OBJETIVOS DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

02 – 03 NOV. INSTITUTO POLITÉCNICO DA GUARDA

1. Problema

- **Validação Temática:** Comparação da classe atribuída no mapa com a realidade
- **Processo de Validação:**
 - Processo de Amostragem (Sampling Design)
 - Protocolo para a Escolha da Classe de Referência (Response Design)
 - Análise e Relatório (Analysis and Report)



1. Problema

- **Processo de Validação:**

- Processo de Amostragem (Sampling Design)

- Qual o número de unidades amostrais a seleccionar?

- $$n = \frac{z^2 \hat{E}(1-\hat{E})}{d^2}$$

z : percentil da distribuição normal (z=1.96 para uma confiança de 5%, z=1.645 para uma confiança de 10%)

d: erro admitido (metade da amplitude do intervalo de confiança)

Ê: valor esperado da métrica a estimar

- Recomendação: número mínimo de 50 unidades amostrais por classe
- **Como distribuir as unidades amostrais pelos estratos/classes?**
 - Alocação Equitativa
 - Alocação Proporcional



1. Problema

- **Processo de Validação:**

- Processo de Amostragem (Sampling Design)

- Qual o tipo de amostragem a usar para selecionar as unidades amostrais?
 - Amostragem Aleatória Simples
 - Amostragem Aleatória Estratificada
 - Os estratos são as classes
 - **Os estratos não são as classes, como construí-los?**

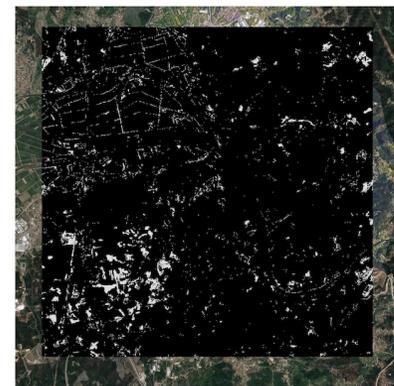


2. Caso de Estudo I – Alocação Equitativa vs Proporcional

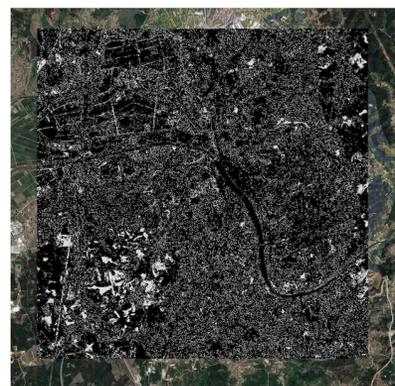
- Comparar o efeito da alocação equitativa e da alocação proporcional nas exatidões do utilizador, produtor e global num mapa de alterações binárias



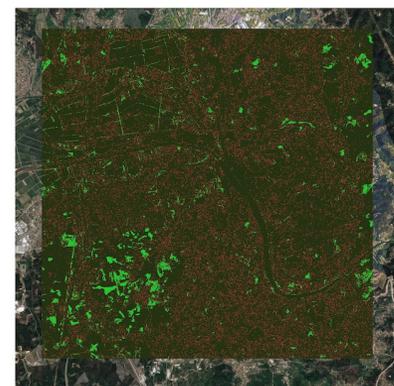
a) Área de Estudo



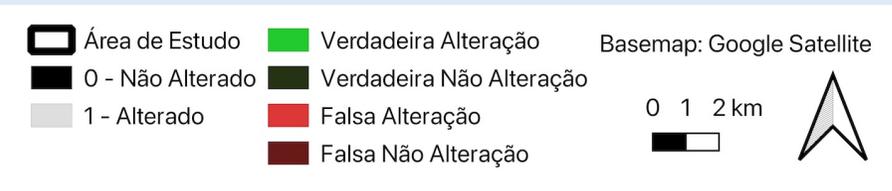
b) Mapa de Referência



c) Mapa a validar



d) Comparação do Mapa de Referência com o a validar



2. Caso de Estudo I – Alocação Equitativa vs Proporcional

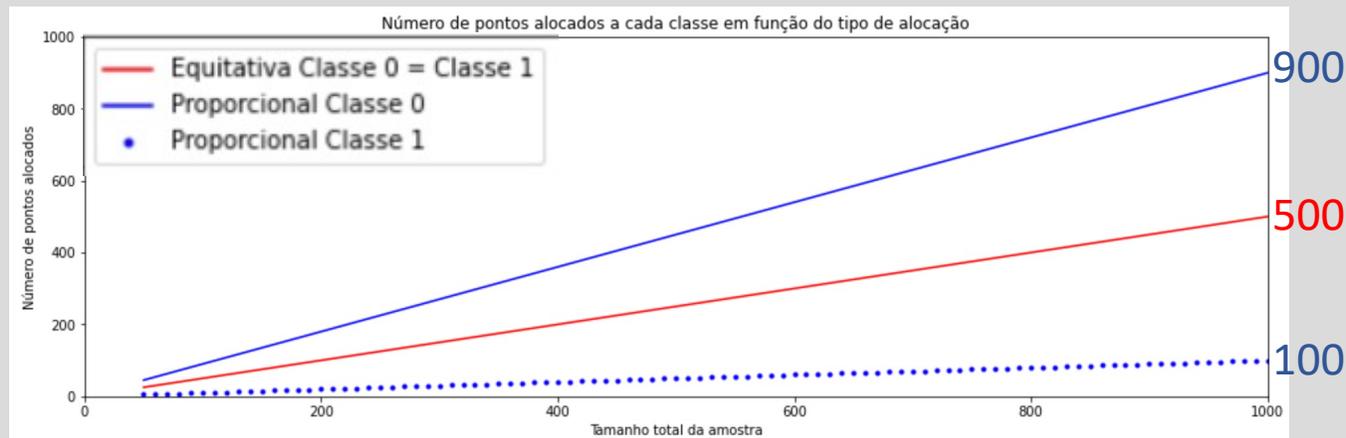
Fixar o tamanho total da amostra



Distribuir a amostra de acordo com:
- Alocação Equitativa
- Alocação Proporcional



Cálculo das métricas



x 100



2. Caso de Estudo I – Alocação Equitativa vs Proporcional

		Referência			Exatidão do Utilizador	Erros de Comissão
		“Não Alterado” (0)	“Alterado” (1)	Total		
Mapa	“Não Alterado” (0)	n_{00}	n_{01}	n_{0*}	$EU_0 = \frac{n_{00}}{n_{0*}}$	$EC_0 = 1 - EU_0$
	“Alterado” (1)	n_{10}	n_{11}	n_{1*}	$EU_1 = \frac{n_{11}}{n_{1*}}$	$EC_1 = 1 - EU_1$
	Total	n_{*0}	n_{*1}	n		
Exatidão do Produtor		$EP_0 = \frac{n_{00}}{n_{*0}}$	$EP_1 = \frac{n_{11}}{n_{*1}}$	Exatidão Global $EG = \frac{\sum_i n_{ii}}{n}$		
Erros de Omissão		$EO_0 = 1 - EP_0$	$EO_1 = 1 - EP_1$			



2. Caso de Estudo I – Alocação Equitativa vs Proporcional

		Referência			Exatidão do Utilizador	Erros de Comissão
		“Não Alterado” (0)	“Alterado” (1)	Total		
Mapa	“Não Alterado” (0)	n_{00}	n_{01}	n_{0*}	$EU_0 = \frac{n_{00}}{n_{0*}}$	$EC_0 = 1 - EU_0$
	“Alterado” (1)	n_{10}	n_{11}	n_{1*}	$EU_1 = \frac{n_{11}}{n_{1*}}$	$EC_1 = 1 - EU_1$
	Total	n_{*0}	n_{*1}	n		
Exatidão do Produtor		$EP_0 = \frac{n_{00}}{n_{*0}}$	$EP_1 = \frac{n_{11}}{n_{*1}}$	Exatidão Global $EG = \frac{\sum_i n_{ii}}{n}$		
Erros de Omissão		$EO_0 = 1 - EP_0$	$EO_1 = 1 - EP_1$			



2. Caso de Estudo I – Alocação Equitativa vs Proporcional

		Referência			Exatidão do Utilizador	Erros de Comissão
		“Não Alterado” (0)	“Alterado” (1)	Total		
Mapa	“Não Alterado” (0)	n_{00}	n_{01}	n_{0*}	$EU_0 = \frac{n_{00}}{n_{0*}}$	$EC_0 = 1 - EU_0$
	“Alterado” (1)	n_{10}	n_{11}	n_{1*}	$EU_1 = \frac{n_{11}}{n_{1*}}$	$EC_1 = 1 - EU_1$
	Total	n_{*0}	n_{*1}	n		
Exatidão do Produtor		$EP_0 = \frac{n_{00}}{n_{*0}}$	$EP_1 = \frac{n_{11}}{n_{*1}}$	Exatidão Global $EG = \frac{\sum_i n_{ii}}{n}$		
Erros de Omissão		$EO_0 = 1 - EP_0$	$EO_1 = 1 - EP_1$			



2. Caso de Estudo I – Alocação Equitativa vs Proporcional

		Referência			Exatidão do Utilizador	Erros de Comissão
		“Não Alterado” (0)	“Alterado” (1)	Total		
Mapa	“Não Alterado” (0)	n_{00}	n_{01}	n_{0*}	$EU_0 = \frac{n_{00}}{n_{0*}}$	$EC_0 = 1 - EU_0$
	“Alterado” (1)	n_{10}	n_{11}	n_{1*}	$EU_1 = \frac{n_{11}}{n_{1*}}$	$EC_1 = 1 - EU_1$
	Total	n_{*0}	n_{*1}	n		
Exatidão do Produtor		$EP_0 = \frac{n_{00}}{n_{*0}}$	$EP_1 = \frac{n_{11}}{n_{*1}}$	Exatidão Global $EG = \frac{\sum_i n_{ii}}{n}$		
Erros de Omissão		$EO_0 = 1 - EP_0$	$EO_1 = 1 - EP_1$			



2. Caso de Estudo I – Alocação Equitativa vs Proporcional

		Referência			Exatidão do Utilizador	Erros de Comissão
		“Não Alterado” (0)	“Alterado” (1)	Total		
Mapa	“Não Alterado” (0)	n_{00}	n_{01}	n_{0*}	$EU_0 = \frac{n_{00}}{n_{0*}}$	$EC_0 = 1 - EU_0$
	“Alterado” (1)	n_{10}	n_{11}	n_{1*}	$EU_1 = \frac{n_{11}}{n_{1*}}$	$EC_1 = 1 - EU_1$
	Total	n_{*0}	n_{*1}	n		
Exatidão do Produtor		$EP_0 = \frac{n_{00}}{n_{*0}}$	$EP_1 = \frac{n_{11}}{n_{*1}}$	Exatidão Global $EG = \frac{\sum_i n_{ii}}{n}$		
Erros de Omissão		$EO_0 = 1 - EP_0$	$EO_1 = 1 - EP_1$			



2. Caso de Estudo I – Alocação Equitativa vs Proporcional

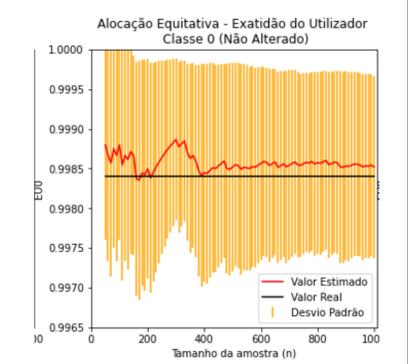
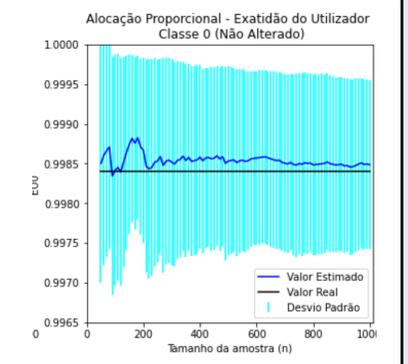
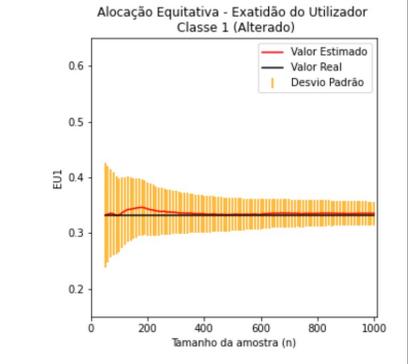
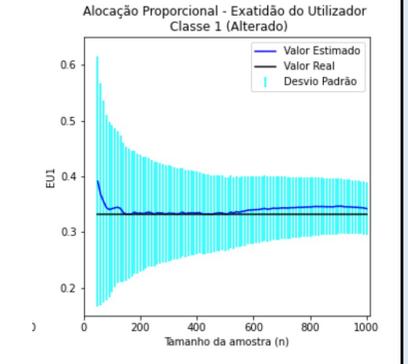
		Referência			Exatidão do Utilizador	Erros de Comissão
		“Não Alterado” (0)	“Alterado” (1)	Total		
Mapa	“Não Alterado” (0)	$p_{00} = \frac{n_{00}}{n_{0*}} W_0$	$p_{01} = \frac{n_{01}}{n_{0*}} W_0$	$p_{0*} = W_0$	$EU_0 = \frac{p_{00}}{p_{0*}}$	$EC_0 = 1 - EU_0$
	“Alterado” (1)	$p_{00} = \frac{n_{11}}{n_{1*}} W_0$	$p_{01} = \frac{n_{11}}{n_{1*}} W_1$	$p_{1*} = W_1$	$EU_1 = \frac{p_{11}}{p_{1*}}$	$EC_1 = 1 - EU_1$
	Total	p_{*0}	p_{*1}	1		
Exatidão do Produtor		$EP_0 = \frac{p_{00}}{p_{*0}}$	$EP_1 = \frac{p_{11}}{p_{*1}}$	Exatidão Global		
Erros de Omissão		$EO_0 = 1 - EP_0$	$EO_1 = 1 - EP_1$			

Exatidão Global

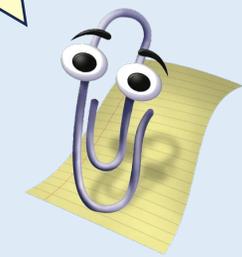
$$EG = \sum_i p_{ii}$$



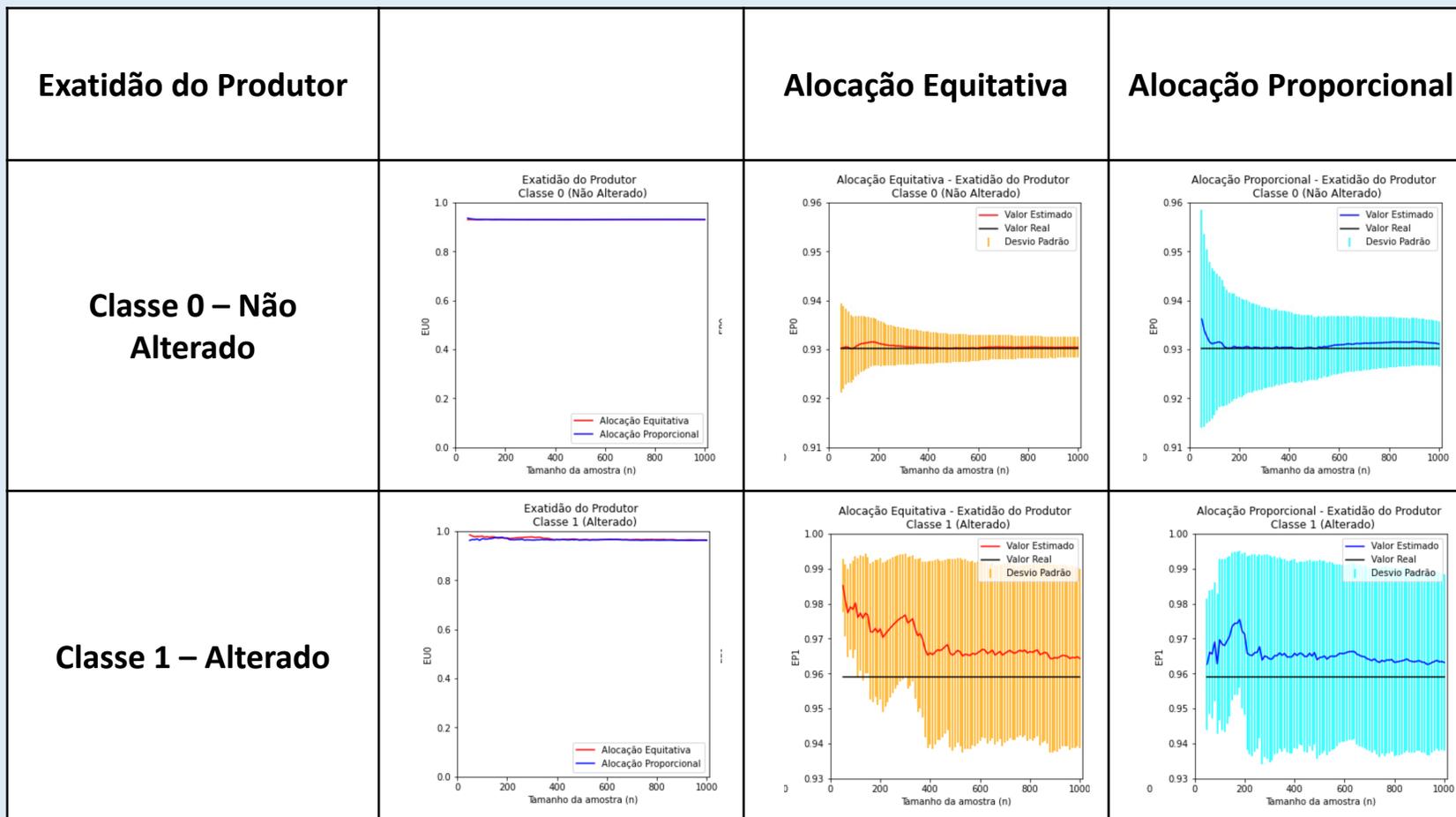
2. Caso de Estudo I – Alocação Equitativa vs Proporcional

Exatidão do Utilizador		Alocação Equitativa	Alocação Proporcional
Classe 0 – Não Alterado			
Classe 1 – Alterado			

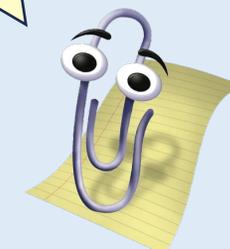
Exatidão do Utilizador da classe i:
 - Proporção da classe i no mapa correta
 - Complementar do erro de Comissão



2. Caso de Estudo I – Alocação Equitativa vs Proporcional

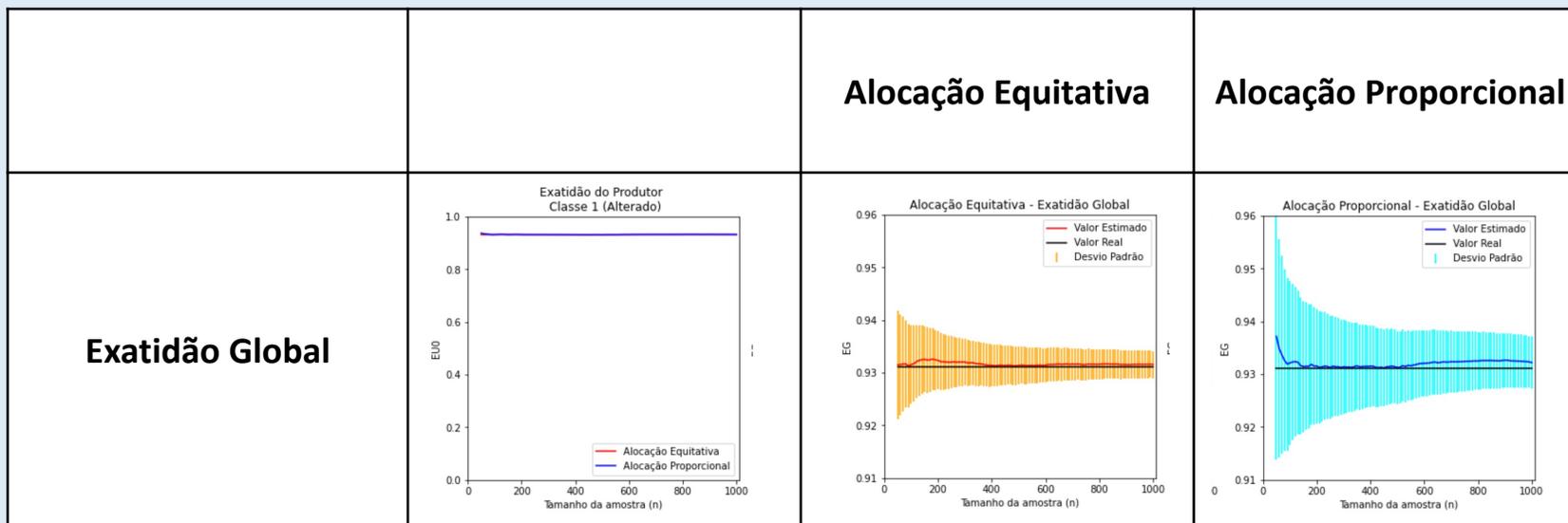


Exatidão do **Produtor** da classe j:
 - Proporção da classe j na referência correta
 - Complementar do erro de **Omissão**

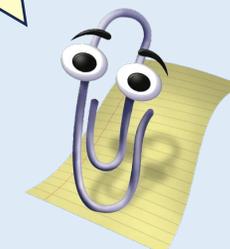


2. Caso de Estudo I – Alocação Equitativa vs Proporcional

Exatidão Global



Exatidão **Global**:
- Proporção corretamente classificada no mapa



2. Caso de Estudo II – Estratificação

International Journal of Remote Sensing, 2014
Vol. 35, No. 13, 4923–4939, <http://dx.doi.org/10.1080/01431161.2014.930207>



TECHNICAL NOTE

**Estimating area and map accuracy for stratified random sampling
when the strata are different from the map classes**

Stephen V. Stehman*

*College of Environmental Science & Forestry, State University of New York, Syracuse,
NY 13210, USA*

(Received 7 October 2013; accepted 24 January 2014)

Erros de
omissão

$$= 1 - EU_0$$

$$= 1 - EU_1$$

Mapa	“Não Alterado (0)”	n_{*0}	n
	“Alterado (1)”		
	Total		
Exatidão do Produtor		$EP_0 = \frac{n_{00}}{n_{*0}}$	$EP_1 = \frac{n_{11}}{n_{*1}}$
Erros de Omissão		$EO_0 = 1 - EP_0$	$EO_1 = 1 - EP_1$

Exatidão Global

$$EG = \frac{\sum_i n_{ii}}{n}$$

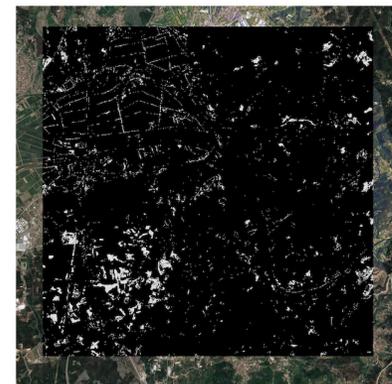


2. Caso de Estudo II – Estratificação

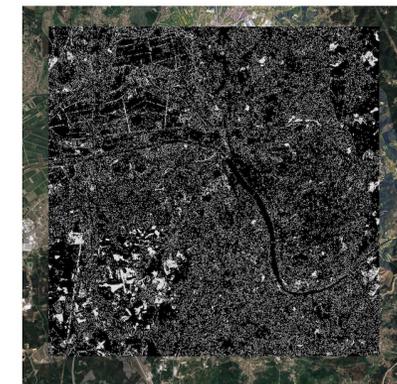
Comparar o efeito da escolha de estratos na amostragem estratificada.



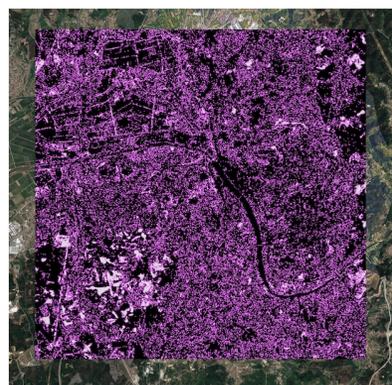
a) Área de Estudo



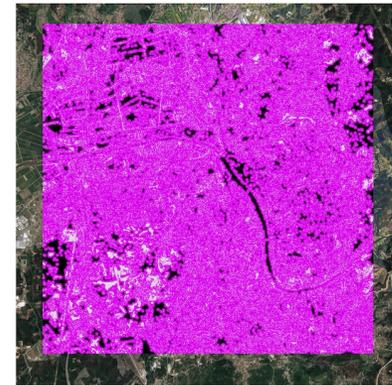
b) Mapa de Referência



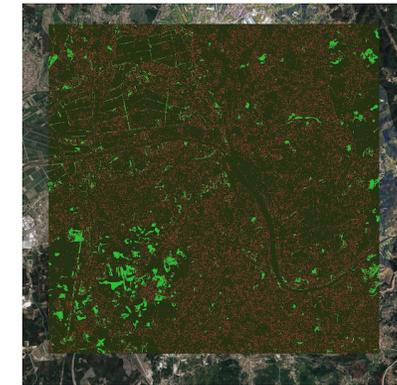
c) Mapa a validar



d) Buffer 10m



e) Buffer 50m



f) Comparação do Mapa de Referência com o a validar



X CONFERÊNCIA NACIONAL DE CARTOGRAFIA E GEODESIA

INFORMAÇÃO GEOESPACIAL PARA OS OBJETIVOS DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

02 – 03 NOV. INSTITUTO POLITÉCNICO DA GUARDA

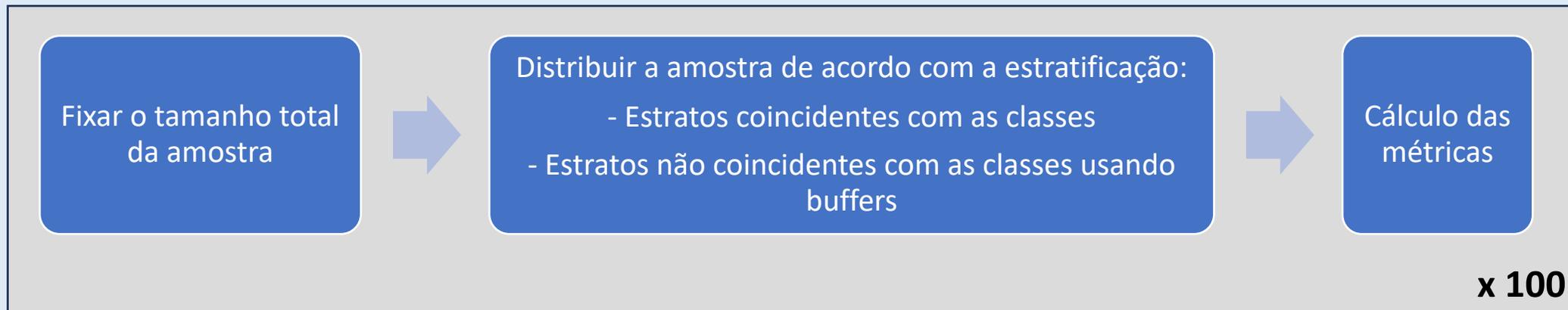


Basemap: Google Satellite

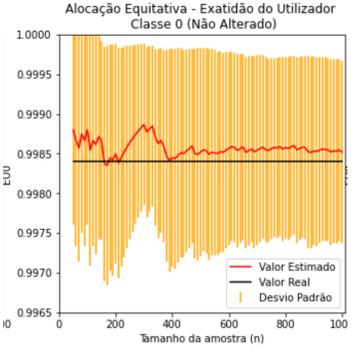
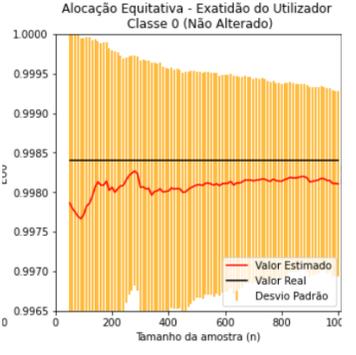
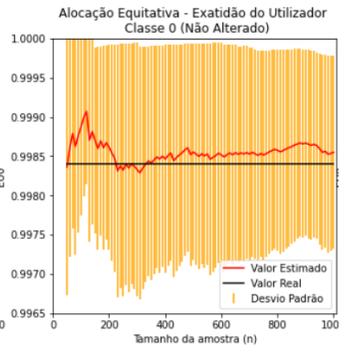
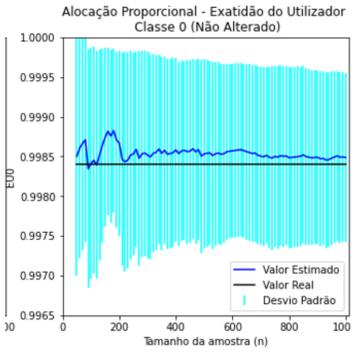
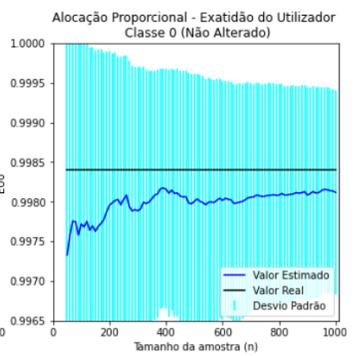
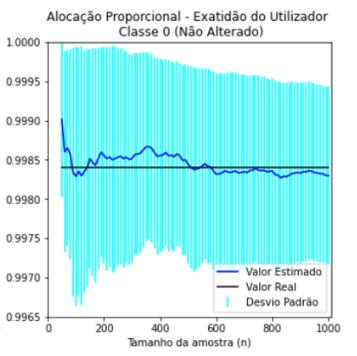
0 1 2 km



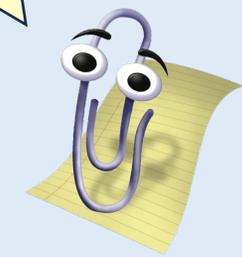
2. Caso de Estudo II – Estratificação



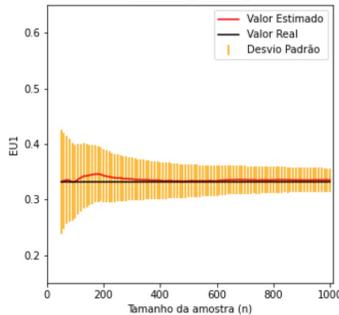
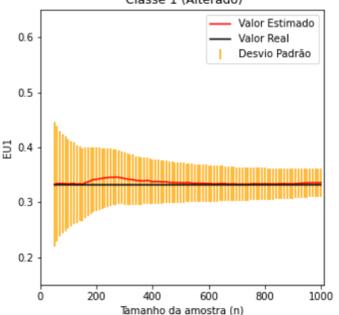
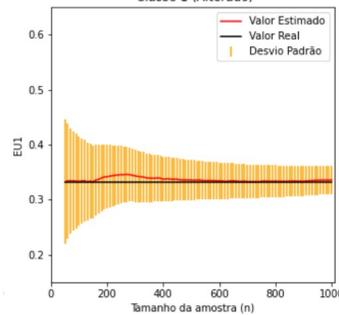
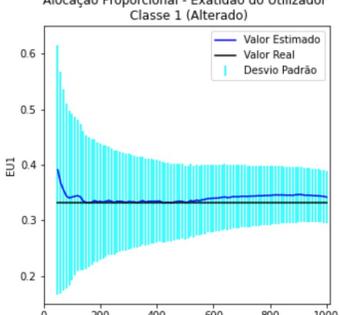
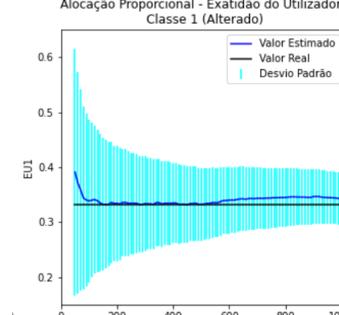
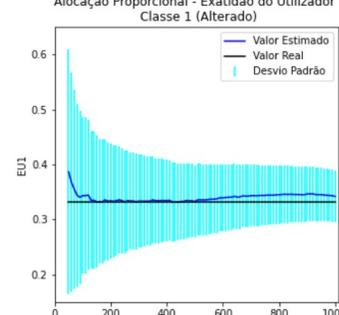
2. Caso de Estudo II – Estratificação

Exatidão do Utilizador Classe 0 – Não Alterado	Estratos = Classes	Estratos com buffer de 10m	Estratos com Buffer de 50m
Alocação Equitativa			
Alocação Proporcional			

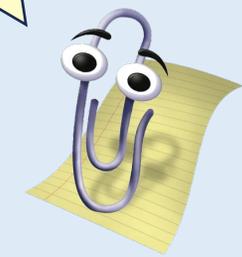
Exatidão do **Utilizador** da classe i:
 - Proporção da classe i no **mapa** correta
 - Complementar do erro de **Comissão**



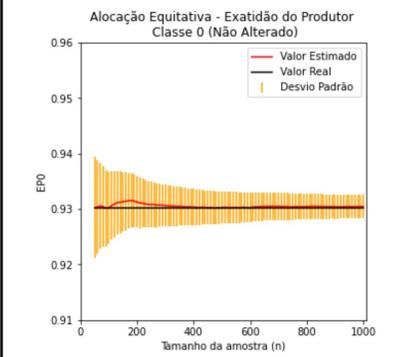
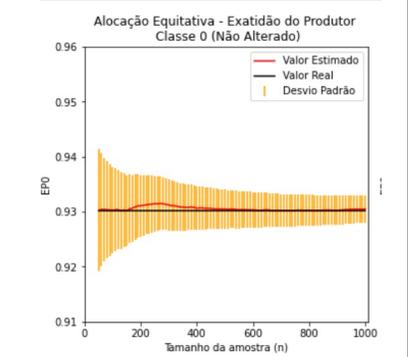
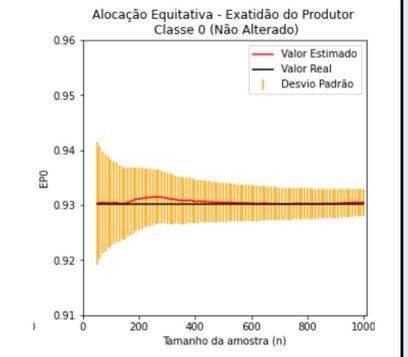
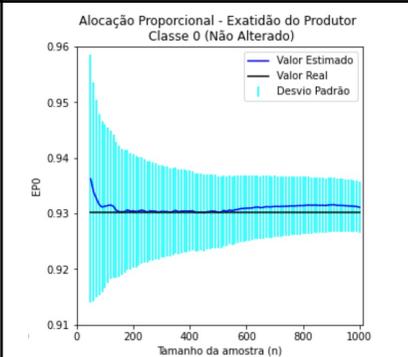
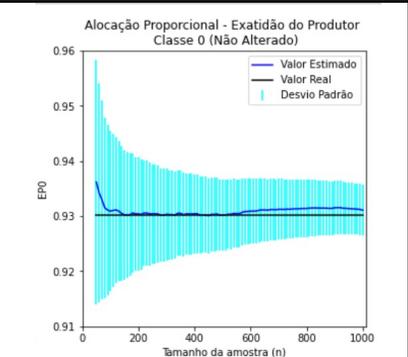
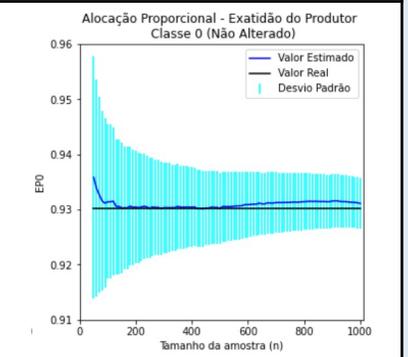
2. Caso de Estudo II – Estratificação

Exatidão do Utilizador Classe 1 – Alterado	Estratos = Classes	Estratos com buffer de 10m	Estratos com Buffer de 50m
Alocação Equitativa	<p>Alocação Equitativa - Exatidão do Utilizador Classe 1 (Alterado)</p> 	<p>Alocação Equitativa - Exatidão do Utilizador Classe 1 (Alterado)</p> 	<p>Alocação Equitativa - Exatidão do Utilizador Classe 1 (Alterado)</p> 
Alocação Proporcional	<p>Alocação Proporcional - Exatidão do Utilizador Classe 1 (Alterado)</p> 	<p>Alocação Proporcional - Exatidão do Utilizador Classe 1 (Alterado)</p> 	<p>Alocação Proporcional - Exatidão do Utilizador Classe 1 (Alterado)</p> 

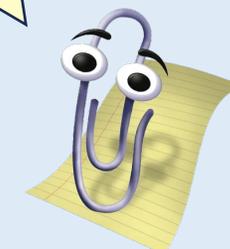
Exatidão do **Utilizador** da classe i:
 - Proporção da classe i no **mapa** correta
 - Complementar do erro de **Comissão**



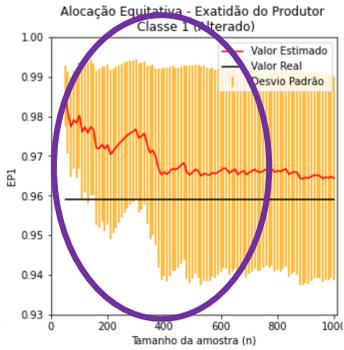
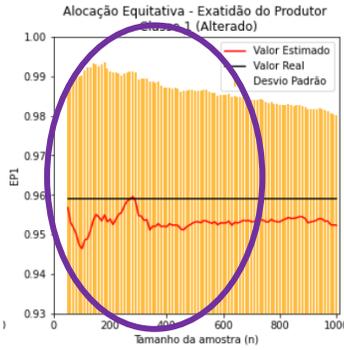
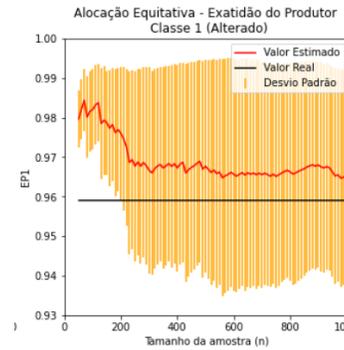
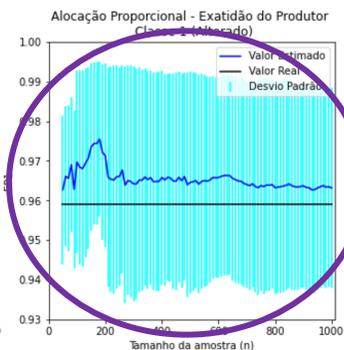
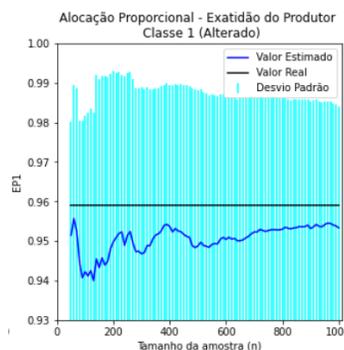
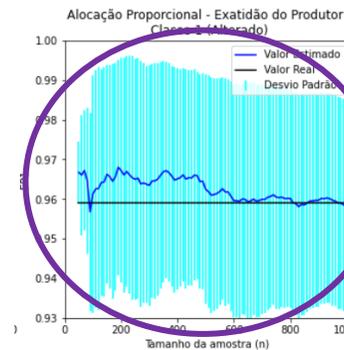
2. Caso de Estudo II – Estratificação

Exatidão do Produtor Classe 0 – Não Alterado	Estratos = Classes	Estratos com buffer de 10m	Estratos com Buffer de 50m
Alocação Equitativa			
Alocação Proporcional			

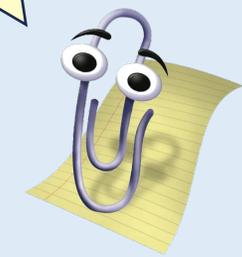
Exatidão do **Produtor** da classe j:
 - Proporção da classe j na referência correta
 - Complementar do erro de Omissão



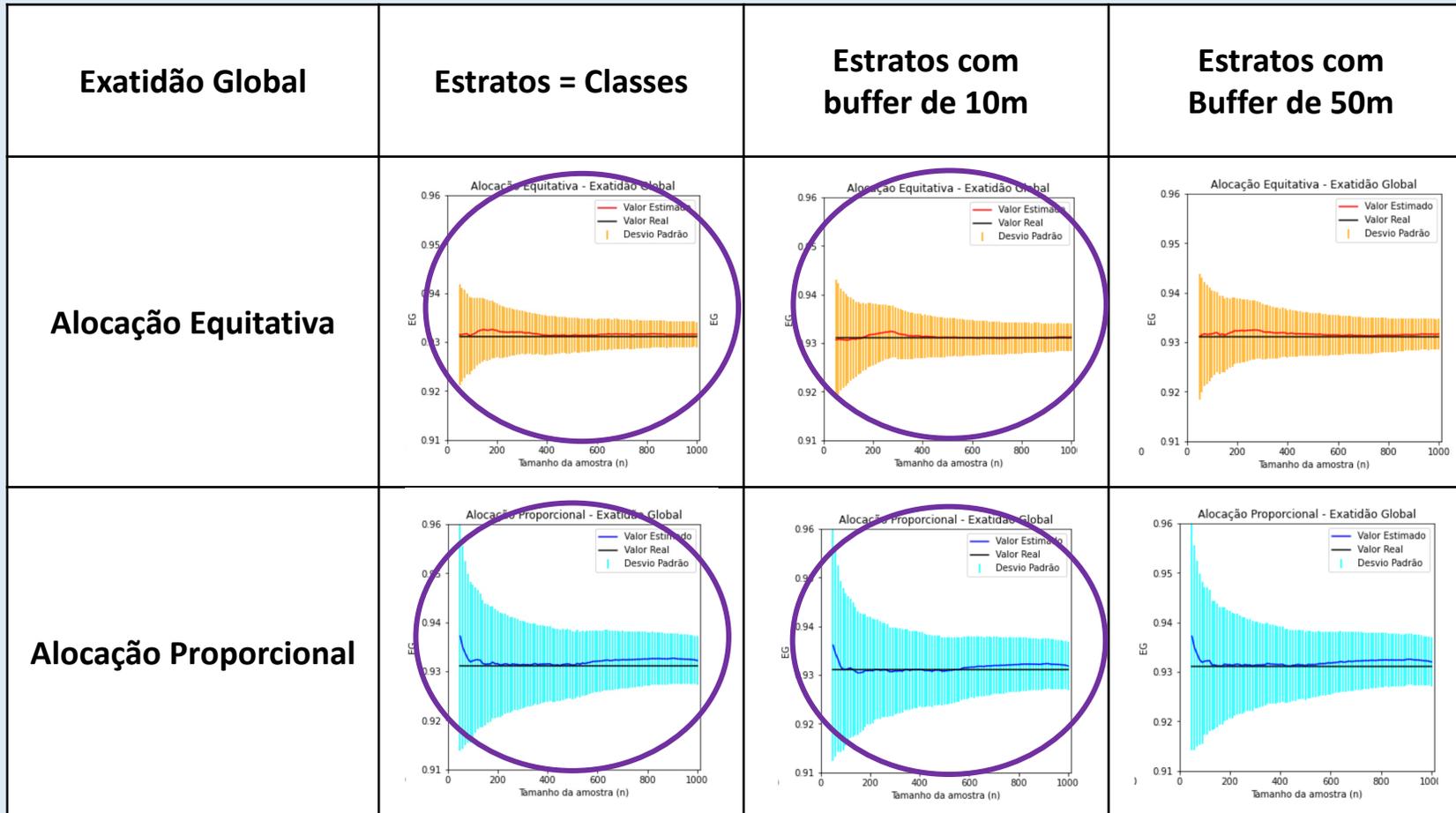
2. Caso de Estudo II – Estratificação

Exatidão do Produtor Classe 1 – Alterado	Estratos = Classes	Estratos com buffer de 10m	Estratos com Buffer de 50m
Alocação Equitativa			
Alocação Proporcional			

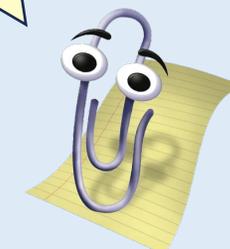
Exatidão do **Produtor** da classe j:
 - Proporção da classe j na **referência** correta
 - Complementar do erro de **Omissão**



2. Caso de Estudo II – Estratificação



Exatidão **Global**:
- Proporção
corretamente
classificada no mapa



3. Aspetos Finais

- O processo de validação temática não é trivial
- É recomendado usarmos uma amostragem aleatória estratificada
- **Caso de Estudo I:** Qualquer tipo de alocação é válida, mas:
 - Alocação equitativa reduz a incerteza nos erros de comissão da classe alterado
 - Alocação proporcional reduz a incerteza nos erros de omissão da classe alterado
- Na prática usamos a alocação proporcional obrigando o mínimo de 50 unidades em cada estrato

Ocupação da classe Alterado / Número de Pontos	Ocupação da classe Alterado / Número de Pontos	Número total de pontos
50% - 50 pontos	50% - 50 pontos	100
10% - 50 pontos	90% - 450 pontos	500
5% - 50 pontos	95% - 950 pontos	1000
1% - 50 pontos	99% - 4950 pontos	5000

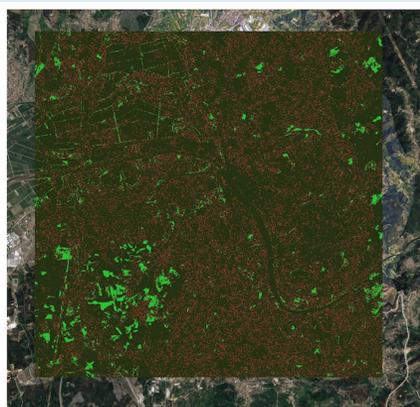


3. Aspectos Finais

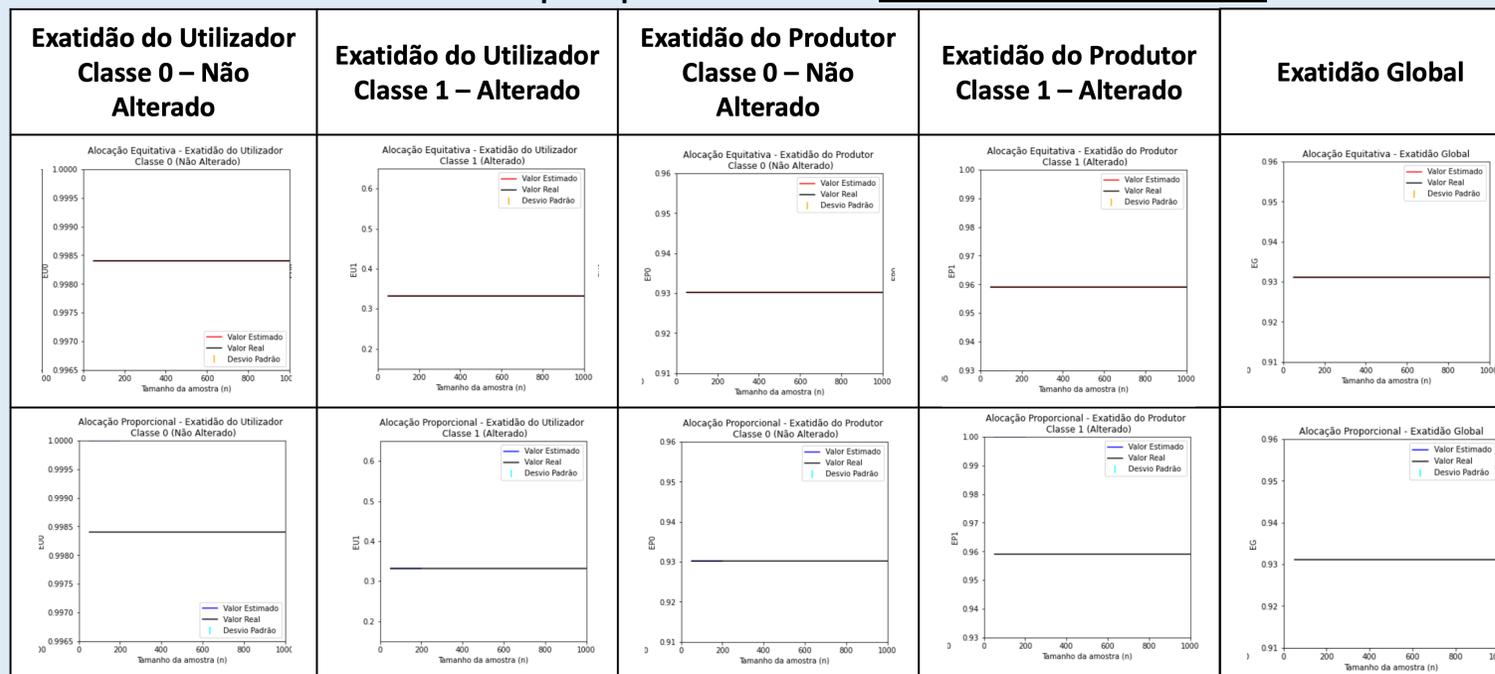
• Caso de Estudo II:

- Existem várias maneiras de construir estratos, por exemplo, com buffers
- A estratificação com buffers pode ser vantajosa ou não
- Idealmente, deveríamos construir estratos que permitissem isolar as omissões de cada classe

Estratos Ideais



f) Comparação do Mapa de Referência com o a validar



4. Trabalho Futuro

- Comparar o efeito com as alocações de potência e de Neyman
- Construção de estratos que consigam ser o mais próximos dos ideais, como por exemplo, usando medidas de incerteza



Obrigado pela vossa atenção!

Influência do Tipo de Amostragem na Validação de Mapas de Alterações de Uso e Ocupação de Solo

Ismael JESUS, Cidália FONTE, Jacinto ESTIMA e Alberto CARDOSO

(ijesus@dei.uc.pt / jesusismael_3@hotmail.com; cfonte@mat.uc.pt;
estima@dei.uc.pt; alberto@dei.uc.pt)

