

## 6. AGRICULTURA DE PRECISÃO. EXEMPLO DA AVALIAÇÃO DO EFEITO DA TOPOGRAFIA E DA REGA SOBRE A VARIABILIDADE ESPACIAL E TEMPORAL DA PRODUTIVIDADE DO MILHO

José Rafael Marques da Silva (1) e Luís Leopoldo Silva (2)

(1) e (2) Universidade de Évora, Departamento de Engenharia Rural, jmsilva@uevora.pt

Este caso de estudo não tem como objectivo definir o que é a Agricultura de Precisão, nem esgotar as possíveis aplicações que esta tem na actividade agrícola. Pretende-se apenas demonstrar a capacidade que a Agricultura de Precisão pode ter na redução do risco empresarial da actividade agrícola, através da apresentação de um caso concreto.

A ausência de informação tem um determinado custo, muitas vezes de todo desconhecido. A maior parte de nós sabe quantificar o custo de aquisição de uma determinada informação, pois a esta, está usualmente associado um preço de mercado, no entanto, é mais difícil de quantificar o custo que estamos a ter, por falta de informação.

### 6.1. Análise da Produção

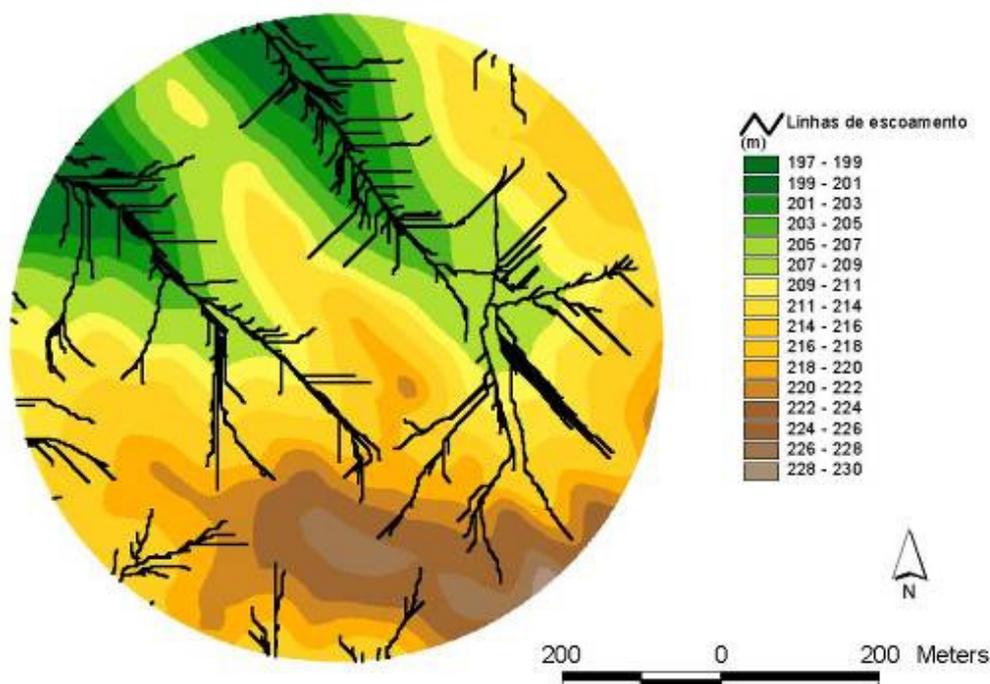
Situemo-nos na empresa agrícola X que, em 2002, decidiu investir num *kit* de agricultura de precisão para a sua ceifeira debulhadora. Este *kit* permite à ceifeira, durante a operação de colheita, registar informação sobre a quantidade e a respectiva percentagem de humidade do grão colhido em cada ponto do terreno. A partir desta informação é possível desenhar um mapa de produtividade da parcela, onde se podem observar as zonas com diferentes produções.

O caso apresentado é apenas um dos muitos existentes nesta empresa agrícola, e refere-se concretamente a uma parcela onde está instalado um “center-pivot” e onde se produziu durante três anos consecutivos milho de

regadio.

Para ajudar a análise da produção é importante ter um mapa digital do terreno (Figura 48). Este tipo de mapa pode ser obtido fazendo um levantamento topográfico com um sistema GPS e utilizando depois um *software* de informação geográfica.

Na Figura 48 pode observar-se o mapa da topografia da área regada, com a indicação das altitudes do terreno e ainda das linhas de escoamento natural desta parcela. Verifica-se que a zona tem uma topografia relativamente ondulada, sendo possível encontrar diferenças de altitude da ordem dos 33 metros entre o ponto mais baixo e o ponto mais alto da zona. Em alguns locais as amplitudes chegam a ser bruscas pois poderemos encontrar declives da ordem dos 15 a 20%. Com um relevo deste género, com um tipo de solo de infiltrabilidade reduzida e com um sistema de rega que aplica a água com intensidades superiores a 100 mm/h, na sua parte terminal, é frequente observar situações de escoamento, provocado pela água que o solo não consegue infiltrar, e a sua conseqüente acumulação nas zonas mais baixas do terreno.



**Figura 48** – Mapa da altimetria da parcela em estudo

Com base na informação recolhida pela ceifeira debulhadora, através do kit de agricultura de precisão, e utilizando um *software* de informação geográfica, foram elaborados os mapas de produtividade de milho, da parcela em estudo, apresentados nas Figuras 49, 50 e 51.

Pela observação destas Figuras e da Tabela 2 podemos verificar que os anos de 2002 e 2004 são anos relativamente melhores que o ano de 2003, que foi um ano bastante mau em termos de produção total de milho grão.

**Tabela 2** – Parâmetros estatísticos da produtividade do milho grão

	Ano	Média (t/ha)	dp (t/ha)	CV (%)	Média global (t/ha)	dp global (t/ha)	CV global (%)
Produtividade	2002	10.19	4.1	40.7	9.94	3.9	39.0
	2003	8.03	3.1	38.8			
	2004	11.24	3.5	31.5			

dp - desvio padrão; CV - coeficiente de variação.

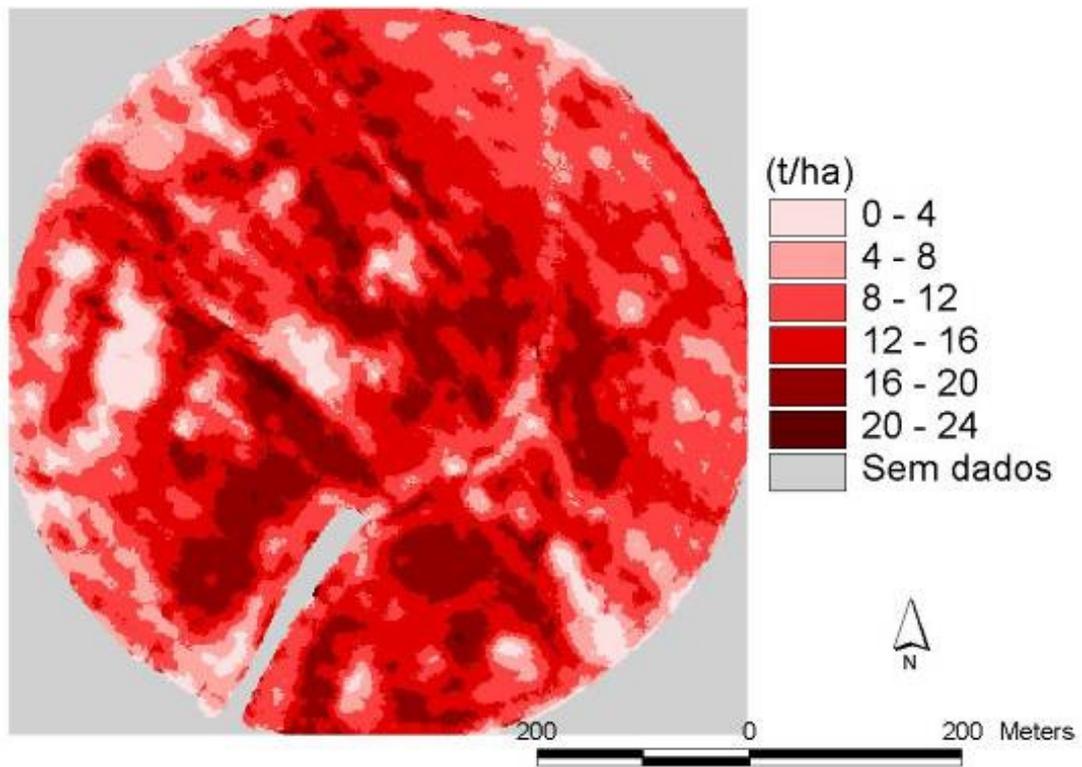


Figura 49 - Mapa de produtividade em 2002

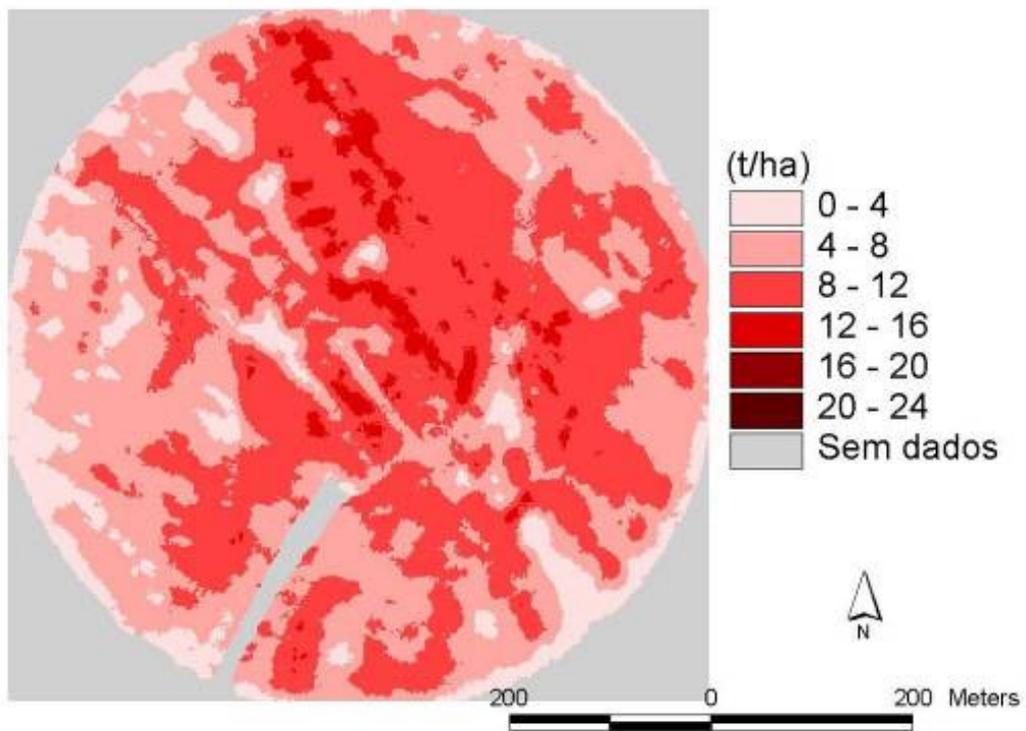
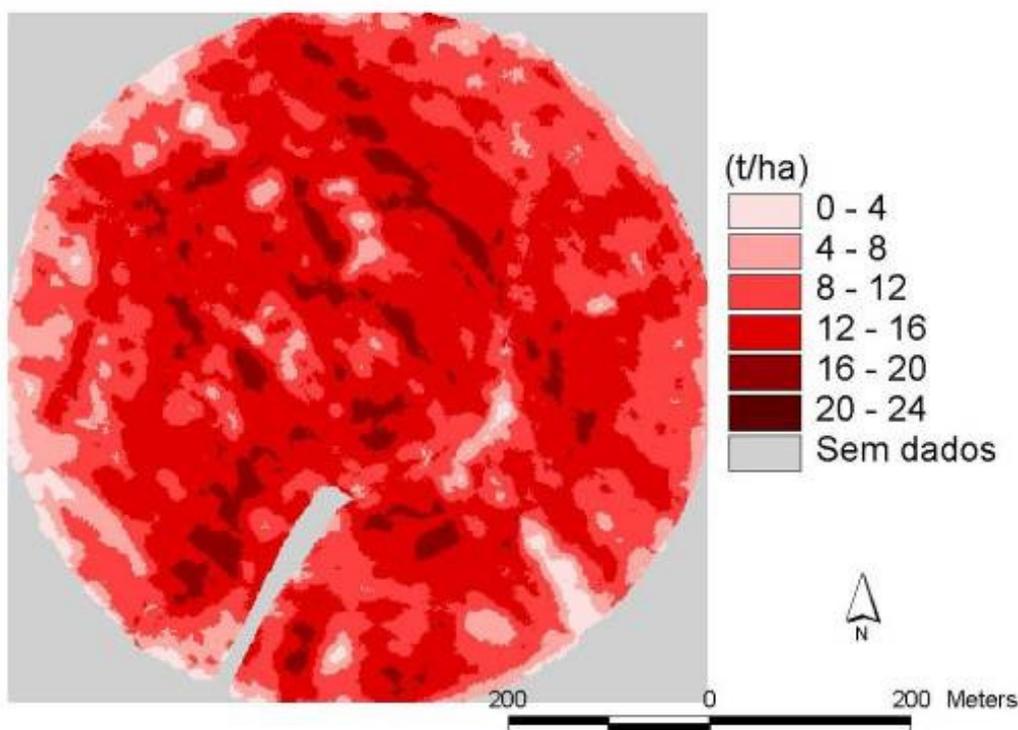


Figura 50 - Mapa de produtividade em 2003



**Figura 51** – Mapa de produtividade em 2004

As necessidades de rega do milho para a região onde se situa esta parcela andam à volta dos 550 a 650 mm/ano, dependendo, entre outros factores, da eficiência de aplicação da água pelo sistema de rega, da duração do ciclo da cultura, da capacidade de armazenamento da água no solo e da gestão da rega. Nos dois primeiros anos o empresário agrícola regou cerca de 550 mm de água, ou seja, muito no limite das necessidades de água da cultura. No ano de 2003 registaram-se temperaturas muito elevadas, geralmente acima dos 40°C no fim de Julho e princípio de Agosto, o que dificultou a gestão da rega e fez aumentar as necessidades de água da cultura, que sofreu alguns períodos de défice hídrico, com conseqüente efeito na produção. Em face dos maus resultados do ano anterior o agricultor aumentou a quantidade de água aplicada para cerca de 600 mm em 2004, o que lhe permitiu obter melhores resultados.

Verifica-se também pela observação destas Figuras e comparando com a Figura 48, que as zonas mais altas tiveram geralmente menores produções do que as zonas mais baixas do terreno. Isto pode ser explicado pela maior

disponibilidade de água nas zonas mais baixas que acumulam o excesso de água aplicada na rega e que não se infiltrou no solo logo após a sua aplicação, ou seja, a água proveniente do escoamento superficial. Por outro lado, as zonas mais baixas do terreno também costumam apresentar maiores teores de matéria orgânica e solos mais profundos. O arrastamento das partículas finas do solo através do escoamento da água em excesso, faz com que as zonas mais baixas do terreno tenham texturas mais finas e por isso maior capacidade de armazenamento da água, o que é muito importante para o crescimento das plantas, principalmente quando a rega é deficitária.

A variabilidade inter-anual da produção é também ilustrada pela Figura 52 e pela Tabela 2. Através destas, constatamos que o ano de 2004 tem uma média de produtividade ligeiramente superior à do ano de 2002, que se poderia explicar pela maior quantidade de água aplicada. Para além da variabilidade inter-anual da produtividade, poderemos constatar que no mesmo ano a variabilidade espacial da produtividade, expressa pelo coeficiente de variação da média (CV), é geralmente sempre muito elevada, tendo sido especialmente elevada no ano de 2002, tendo-se verificado o valor mais baixo em 2004 (Tabela 2). Pode assim concluir-se que o aumento da quantidade de água aplicada na rega teve um efeito positivo não só no aumento da produtividade média da parcela como também numa maior uniformidade da produção dentro da parcela.

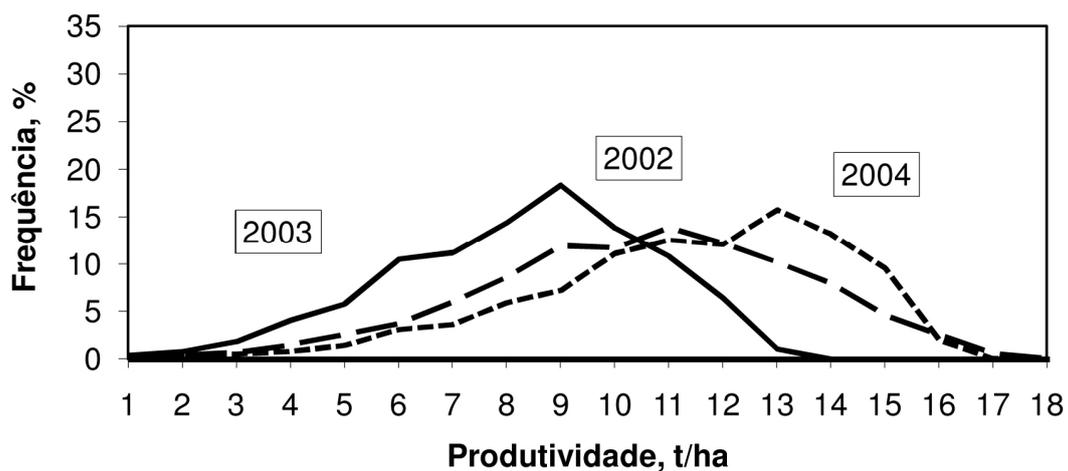


Figura 52 - Histograma da produtividade relativo aos três anos estudados

### 6.1.1. Resultados da análise da produção

Pela observação das Figuras 49, 50 e 51, o empresário agrícola fica desde logo com uma informação preciosa que não tinha anteriormente:

- Pode identificar zonas dentro da parcela que apresentam sempre maus resultados, quer em anos de boa quer em anos de má produção;
- Comparando os resultados obtidos em diferentes zonas da parcela pode analisar os factores que nessas zonas são iguais e os que são diferentes (tipo de solo, topografia, etc), o que lhe poderá permitir identificar eventuais problemas a ser corrigidos;
- Comparando as produções obtidas em diferentes anos, pode verificar se na mesma zona da parcela houve alterações na produção obtida em cada ano e quais os factores que influenciaram essa variação (rega, fertilização, um ataque de uma praga, uma doença, etc.)

Após a análise das variações ocorridas e dos factores que as influenciaram, o empresário agrícola pode tomar decisões que ajudem a melhorar a sua actividade, por exemplo:

- Alterar o nível de aplicação de factores de produção em determinadas zonas ou em toda a parcela, caso verifique que essa solução é economicamente interessante;
- No caso de falta de água para a rega que impossibilite regar toda a área do center-pivot, pode seleccionar uma parte da área que em anos anteriores tenha demonstrado ser mais produtiva e deste modo maximizar os factores de produção e diminuir o risco.

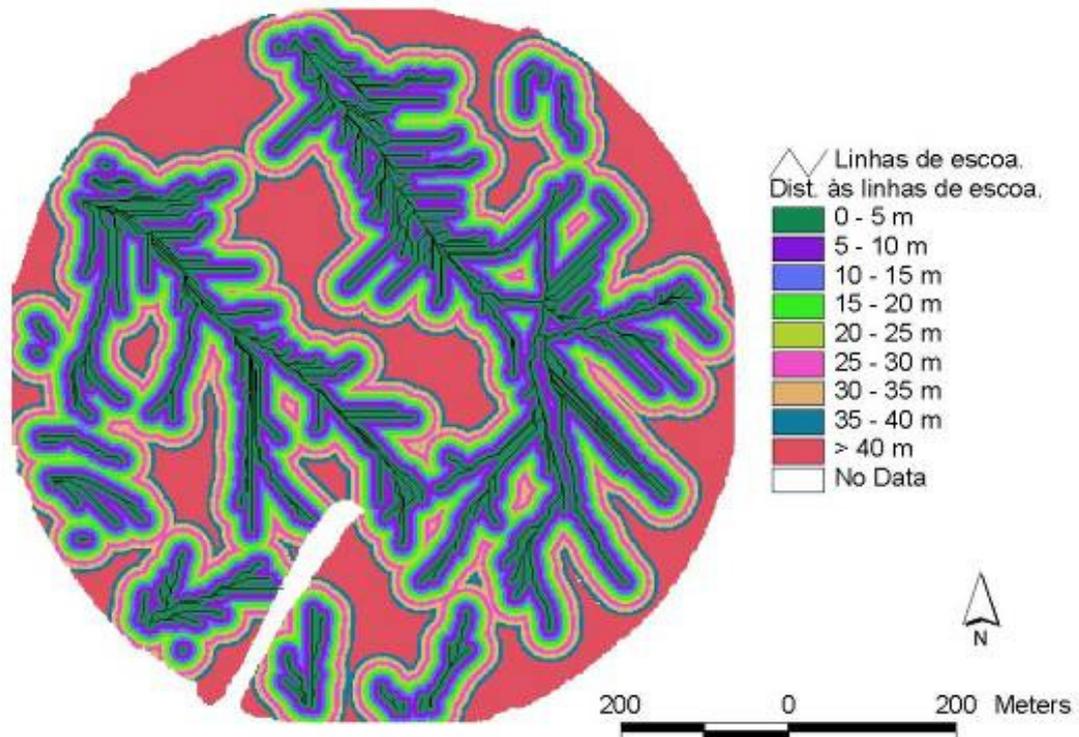
Estas Figuras fornecem ao empresário agrícola o risco de investimento por metro quadrado, da parcela em causa, ou seja, cada metro quadrado da parcela apresenta um retorno de investimento variável no espaço. Conhecer esse retorno é fundamental para a tomada de decisão do empresário agrícola.

## 6.2. Análise de Viabilidade do Sistema de Produção Utilizado

Para além das questões ligadas à gestão anual da parcela, a informação obtida permite ainda tirar outras conclusões. A observação de valores de produção inferiores em determinadas zonas da parcela poderá questionar a viabilidade da utilização do sistema de rega escolhido para esta situação. Por exemplo, a observação de produções baixas na extremidade da parcela, onde existe um solo igual a outras zonas com melhores produções, permite verificar que o solo está a ter problemas em infiltrar a água aplicada na extremidade da máquina, por esta ser muito elevada, o que se reflecte num menor teor de água no solo nestas zonas e por conseguinte menores produções. Deste modo pode concluir-se que a utilização de outro tipo de aspersores que apliquem a água com menor intensidade, mais compatível com as características de infiltração do solo, poderia ser benéfica.

A observação de diferentes produções nas zonas mais altas e baixas do terreno pode permitir verificar se os problemas de escoamento, observados no campo, estão a afectar ou não a produção, uma vez que o excesso de água acumulada nas zonas mais baixas poderia levar a problemas de drenagem e à morte das plantas, com consequentes quebras de produção.

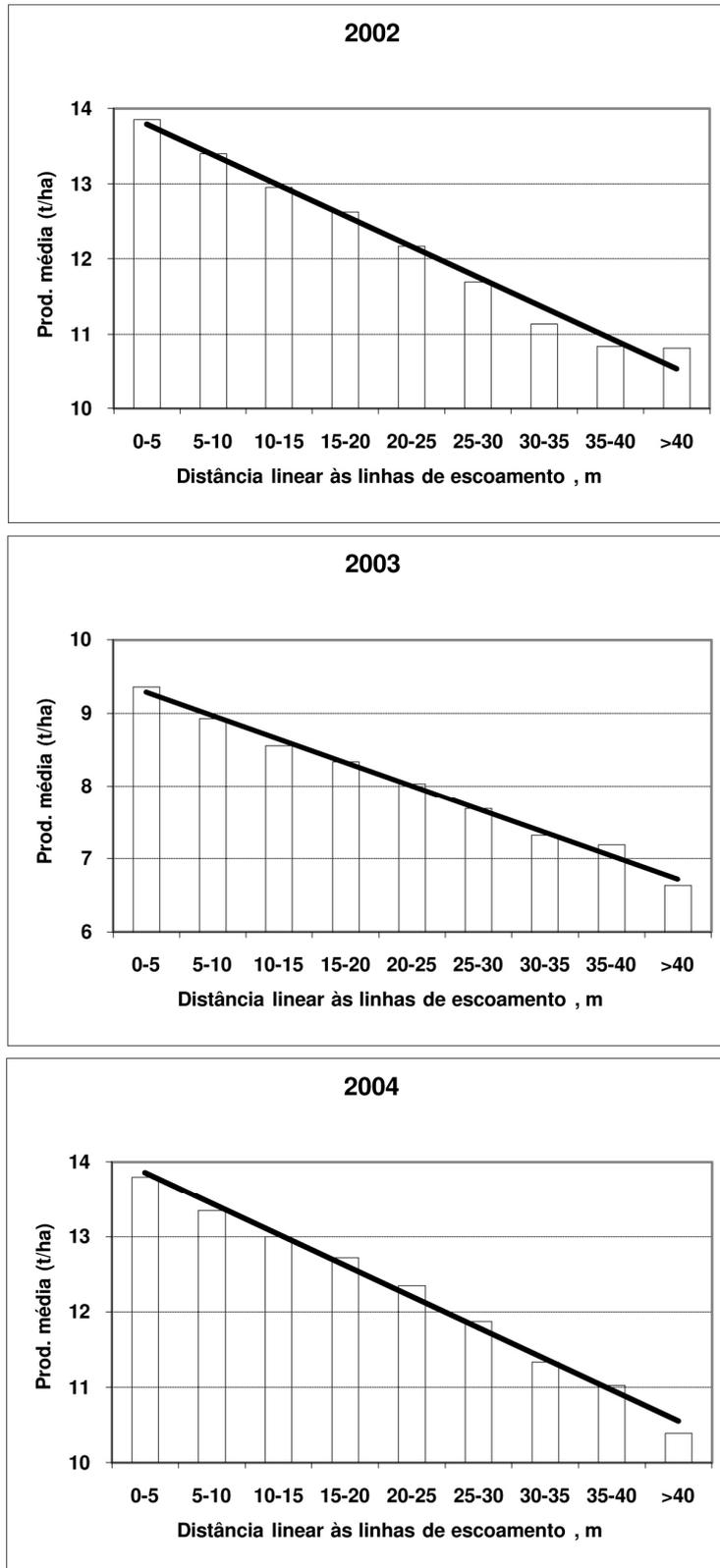
Neste caso, e dado que o empresário agrícola suspeitava ter alguns problemas por excesso de escoamento, fez-se uma análise da produtividade por zonas, em função da proximidade das linhas de escoamento. Definiram-se 9 zonas (classes) dentro da parcela, definidas em função da distância à linha de escoamento. As nove classes foram então divididas considerando os seguintes intervalos de distância linear às linhas de escoamento: 0-5 m, 5-10 m, 10-15 m, 15-20 m, 20-25 m, 25-30 m, 30-35 m, 35-40 m e mais de que 40 m (Figura 53).



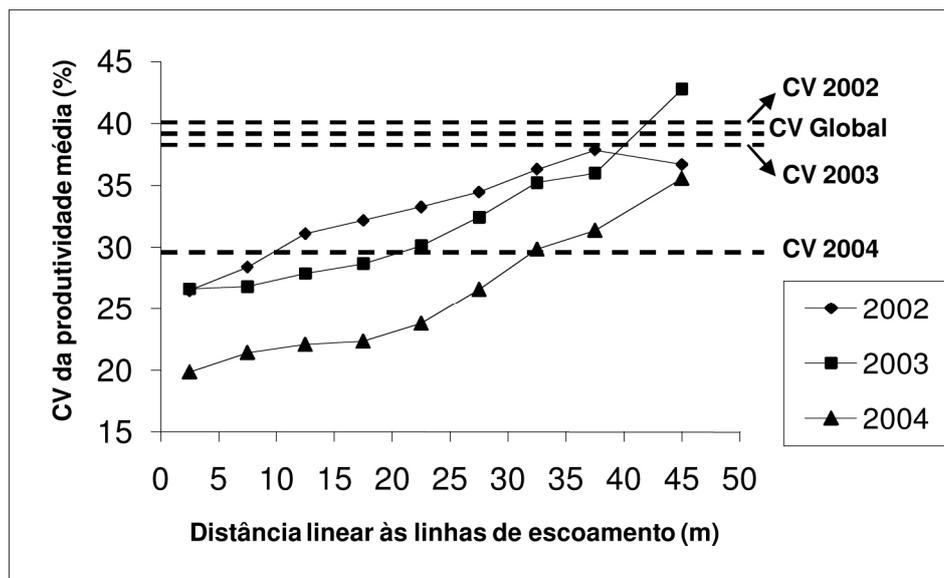
**Figura 53** - Classes de distância às linhas de escoamento

Considerando esta divisão em 9 zonas de produtividade, foi obtida a Figura 54. Pela sua análise podemos verificar que, em todos os anos estudados, a produtividade média diminui à medida que a distância linear à linha de escoamento aumenta, ou seja, as zonas mais perto das linhas de escoamento apresentaram melhores produções.

Além disso, uma análise da variabilidade anual da produção (Figura 55) pode ainda permitir verificar a existência de uma menor variação da produção nas zonas mais perto das linhas de água relativamente à produtividade média.



**Figura 54** – Histogramas da produtividade média em função da distância às linhas de escoamento



**Figura 55** – Coeficientes de variação: a) da produtividade média global, b) da produtividade média anual e c) da produtividade média em função da distância às linhas de escoamento

Desta análise o empresário agrícola pode retirar três conclusões importantes:

- na maioria dos anos regou aquém das necessidades de água da cultura, o que se confirma pela maior produção obtida nas zonas de maior disponibilidade de água (as zonas baixas) e na maior produção média da parcela obtida no ano em que aplicou mais água, i.e., 2004;
- a maior disponibilidade da água ajuda a uniformizar a produção;
- a existência de zonas com escoamento significativo, confirmadas pelas observações feitas no campo durante as três campanhas de rega analisadas, implicam que existem zonas do terreno que não são capazes de infiltrar toda a água aplicada.

### 6.3. Estratégias a Adotar

Depois de fazer a análise da informação obtida o empresário agrícola poderá pensar em estratégias a adotar no futuro, que sejam técnica e economicamente viáveis e que ajudem a melhorar o seu sistema produtivo.

Em relação ao facto da rega ter sido deficitária em pelo menos alguns anos, facilmente se compreende que é necessário que o empresário agrícola faça uma estimativa mais adequada das necessidades de água da cultura. Existem hoje em dia diversas ferramentas informáticas que podem ajudar os empresários agrícolas nesta determinação.

No que se refere ao facto do sistema de rega não ser suficientemente compatível com a totalidade dos solos e topografia existentes na área a regar, e assumindo que não será economicamente viável estar a introduzir modificações no sistema propriamente dito, então a opção poderá passar pela escolha de sistemas de mobilização do terreno que permitam minimizar a ocorrência de escorrimentos da água da rega. Algumas destas técnicas, já muito divulgadas, são, por exemplo, a sementeira directa, a mobilização mínima ou a técnica dos covachos.

Outra opção, que se encontra hoje ainda numa fase mais experimental do que comercial, seria a utilização de sistemas de rega de precisão. Estes sistemas têm a possibilidade de aplicar a água de rega de modo diferenciado sobre a parcela, em função do tipo de solo, da topografia, etc.

Apesar da água ser um, senão o, factor mais importante, é de realçar que outros factores poderão também estar associados às variações de produção dentro da parcela. Por exemplo, o transporte de nutrientes das zonas mais altas da parcela para as zonas mais baixas através dos escorrimentos existentes, o que é mais evidente quando a fertilização é feita por ferti-irrigação. Neste caso concreto, ter-se-ia que efectuar uma nutrição diferenciada da cultura aplicando mais nutrientes nas zonas mais afastadas das linhas de escoamento, pois alguns destes nutrientes, por escorrimento, irão parar junto das linhas de escoamento. Para além da gestão diferenciada da nutrição em função da topografia, numa perspectiva de tentar aproveitar ao máximo as condições mais favoráveis do terreno, que ocorrem geralmente nas zonas baixas, poder-se-ia também optar por gerir a população de plantas, por exemplo, aumentando a densidade de sementeira nestas zonas.

Todo este tipo de gestão diferenciada, seja ela de água, de nutrientes, do número de plantas por unidade de área, da profundidade da semente, de

pesticidas, etc., passa pelos objectivos fundamentais da agricultura de precisão, pois este tipo de agricultura ao reconhecer a variabilidade espacial, reconhece também que teremos que tratar de maneira diferente, aquilo que é diferente, de forma a promover uma maior eficiência económica do sistema e ao mesmo tempo torná-la uma actividade com um menor risco ambiental.

#### 6.4. Conclusão

A utilização de informação geo-referenciada da produção e a possibilidade de fazer mapas de produção são hoje em dia uma ferramenta muito útil para a tomada de decisão dos empresários agrícolas.

Este tipo de análises permite: i) identificar muitos problemas e situações que influenciam negativamente a produção; ii) avaliar o próprio método produtivo utilizado; iii) definir estratégias a adoptar para melhorar a produtividade e iv) recolher informação que permita identificar os aspectos mais importantes a analisar em investimentos futuros.

A utilização da informação geo-referenciada da produção não permite excluir a necessidade de observações no campo. As observações de campo são imprescindíveis para completar a análise da informação recolhida. Permite sim ajudar o empresário agrícola a definir as zonas do terreno onde terá que efectuar com mais rigor ou frequência essas mesmas observações. E ao mesmo tempo definir áreas com idêntico potencial produtivo, limitando assim a necessidade de amostragens para determinação de parâmetros que influenciem a produção, como é o caso de análises de solo, ou ainda de observações ou medições de parâmetros fisiológicos das plantas para avaliação do seu estado vegetativo.