

CONSIDERAÇÕES SOBRE O APROVEITAMENTO EM PAVIMENTAÇÃO DO RESÍDUO DA EXTRAÇÃO DO MICAXISTO DAS PEDREIRAS DE GOIÂNIA

CONSIDERATIONS ON THE USE IN PAVING OF THE RESIDUE FROM THE EXTRACTION OF MICASCHIST FROM THE QUARRIES OF GOIÂNIA

Fernando Rodrigo de Aquino

RESUMO

A reciclagem de materiais tem se fortalecido como um eficiente mecanismo para minimização dos problemas gerados pela disposição inadequada de resíduos sólidos das atividades antrópicas. Neste sentido, a busca por mecanismos capazes de absorver os resíduos de pedra, oriundo da produção de agregados para a construção civil, torna-se uma importante ferramenta para diminuição dos diversos problemas ambientais gerados pelo acúmulo desse material. Portanto, o objetivo principal deste estudo foi abordar de forma resumida as principais considerações feitas por pesquisas existentes no centro-oeste que abordaram a utilização do resíduo de pedra da extração do micaxisto na região metropolitana de Goiânia como material constituinte das camadas de pavimentos. De maneira geral os resultados das pesquisas estudadas permitem constatar que, para as amostras trabalhadas, a mistura pode ser adequada para a utilização como material de sub-base de pavimentos flexíveis, por tratar-se de um rejeito homogêneo e pouco alterável.

Palavras-chave: Resíduo, Micaxisto, Pedreiras, Pavimentação.

ABSTRACT

Material recycling has been strengthened as an efficient mechanism to minimize the problems generated by the inadequate disposal of solid waste from human activities. In this sense, a search for mechanisms capable of absorbing quarry residues, originating from the production of aggregates for civil construction, becomes an important tool to reduce the environmental problems generated by the accumulation of this material. Therefore, the main objective of this study was to briefly address the main considerations made by existing research in the Midwest that addressed the use of quarry waste from mica schist extraction in the metropolitan region of Goiânia as a constituent material of the pavement layers. In general, the results of the researches studied allow us to verify that, as worked, the mixture may be suitable for use as a sub-base material for flexible pavements, as it is a homogeneous and little alterable waste.

Keywords: Waste, Micaschist, Quarries, Paving.

Introdução

O uso dos recursos minerais é de vital importância para o bem-estar de toda a sociedade mundial. Segundo Luz et al. (2006) para que se tenha a sustentabilidade necessária do sistema de extrativismo mineral, entre outras providências, deve-se garantir principalmente o aproveitamento dos resíduos gerados com a atividade.

Esse fato pode ser muito bem observado nas pedreiras da região metropolitana de Goiânia, visto que estas armazenam toneladas de resíduo no pátio de suas empresas e convivem com um cenário de poluição hídrica, do solo, visual e atmosférica, além de ocuparem os seus terrenos para depósito desse material, o que onera a atividade e compromete a sociedade, evidenciando um conflito com o princípio do desenvolvimento sustentável.

Para tentar solucionar este problema diversas pesquisas foram desenvolvidas visando a incorporação dos resíduos de pedra em processos de construção. As pesquisas de maior destaque na região de Goiânia são as que contemplam o aproveitamento desses resíduos em obras de pavimentação

2 PEDREIRAS EM GOIÂNIA

2.1 Aspectos Gerais

Nos dias atuais a exploração mineral dos materiais de uso básico na construção civil é um dos setores mais promissores da economia do país, visto que esta atividade mineradora contribui diretamente para a melhoria da qualidade de vida da população, além de ser fundamental para o desenvolvimento econômico e social de uma região.

Segundo dados da Associação Nacional das Entidades Produtoras de Agregados para a Construção Civil (ANEPAC, 2004), o eixo Goiânia-Brasília atualmente ocupa o terceiro lugar no ranking dos mercados consumidores de produtos resultantes do processo de britagem no Brasil. A cidade de Goiânia, em especial, consome atualmente cerca de 100000 m³ mensais de pedra britada, embora, segundo a ANEPAC, a cidade com seus 1,4 milhões de habitantes possua potencial para consumir até 250000 m³.

Segundo ANEPAC (2004) existem atualmente na região de Goiânia aproximadamente dez produtoras de brita, sendo que as mais importantes estão localizadas na periferia de Goiânia e em Aparecida de Goiânia (Figura 1).



Figura 1 Localização das pedreiras da região metropolitana de Goiania (GOOGLE MAPS, 2008).

A exploração das jazidas da região de Goiânia é realizada a céu aberto, e consiste basicamente na remoção da camada vegetativa e do material estéril, no transporte do mineral para as instalações de beneficiamento e na britagem da rocha, reduzindo-a em diversas granulometrias (ARAÚJO, 2008). Neste tipo de exploração, a extração da rocha é realizada por meio de detonações e / ou martelotes e os agregados artificiais são obtidos pela redução do tamanho das pedras por trituração em britadores. Existem basicamente quatro tipos de britas (brita 0, brita 1, brita 2 e brita 3), com diferentes aplicações.

2.2 Interferência no Meio Ambiente

Os efeitos ambientais estão associados de um modo geral às diversas fases de exploração dos bens minerais. Segundo Bacci et al. (2006) cada etapa do processo de exploração das pedreiras se associa a um respectivo impacto ambiental, como por exemplo, abertura da cava (retirada da vegetação, escavações e modificação da paisagem local), desmonte da rocha (vibração do terreno, ultra-lançamento de fragmentos, geração de poeira e ruído pelos processos explosivos) e beneficiamento do minério (geração de ruído e rejeitos).

Dentre os diversos impactos ambientais citados, a geração de rejeitos de beneficiamento, mais especificadamente, os finos de pedreira, são os mais significativos quanto à poluição ambiental.

Mendes (1999) apud Batalione (2007) identifica os principais tipos de impactos ambientais associados à exploração de pedreiras devido a geração de finos:

- a) Poluição atmosférica por meio de emissão de materiais particulados presentes nos depósitos;
- b) Alteração do regime hidrológico, promovendo turvamento, assoreamento e mudanças das seções das calhas dos cursos de água;
- c) Ocupações indevidas de áreas devido à necessidade de estocagem dos rejeitos gerados, que em muitas vezes tendem a esterilizar terrenos que poderiam servir a utilizações mais nobres ou até mesmo promover poluição do solo.

Diante do exposto e do aumento contínuo da demanda dos materiais provenientes de pedreiras fica evidente o interesse, por parte do setor empresarial e da sociedade, em solucionar a problemática do acúmulo de resíduos advindo do processo de britagem, a fim de acompanhar as demandas atuais da legislação ambiental.

Segundo Batalione (2007) uma excelente ferramenta seria a utilização dos rejeitos finos de pedreiras em outras atividades industriais, o que proporcionaria a redução ou eliminação de algum dos impactos ambientais relatados por Mendes (1999).

2.3 Características da Rocha Explorada

As pedreiras da região metropolitana de Goiânia em sua grande maioria exploram a rocha denominada micaxisto (Figura 2).

Os micaxistos são rochas metamórficas de estrutura com xistosidade acentuada, formadas por uma composição química pelítica, essencialmente, por quartzo e mica, podendo conter feldspato, granadas, estauroilite, silimanite e horneblenda (TERRA, 2008).

Segundo o Departamento de Ciências da Terra da Universidade de Minho (DCT/UM, 2008), as rochas metamórficas são produtos especiais dos processos

geológicos que atuam nos materiais sólidos da crosta e manto superior da Terra. O metamorfismo, e o processo pelo qual rochas pré-existentes são alteradas pelo aumento de pressão e temperatura, é controlado pelo gradiente geotérmico e pelo padrão de deformação que, em última análise, têm origem na tectônica de placas.

O micaxisto diferencia-se de outras rochas metamórficas como por exemplo o filito, pelo ato de seus grãos poderem ser observados acroscopicamente. Tal material é um tipo de rocha com grau de metamorfismo de médio a elevado e pode possuir coloração diversa, como: branca-prateada, acinzentada, acastanhada ou anegrada (MICAXISTO, 2008).



Figura 2 Imagem da rocha micaxisto (ARAÚJO, 2008).

3 UTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS DE PEDREIRAS EM PAVIMENTAÇÃO

Para a construção de pavimentos tanto em estradas como em vias urbanas podem ser utilizados diversos tipos de materiais, cujas propriedades e características são estabelecidas por normas e especificações. Segundo Rezende (2003), no início das construções das rodovias no Brasil, foram adotadas especificações e metodologias de projeto existentes em outros países. Com isso, inicialmente foram utilizados materiais granulares para execução de camadas de base e sub-base em grande escala e como consequência, hoje esses materiais já não são facilmente encontrados.

Batalione (2007) ressalta que estas fontes naturais além de estarem mais escassas e cada vez mais distantes do mercado consumidor, implicando assim num aumento de custo com transporte, apresentam ainda um grande potencial de degradação ambiental durante a sua exploração. Devido este fato no estado de Goiás constata-se por meio de informações da agência goiana de fiscalização ambiental, que as jazidas naturais localizadas próximos a mananciais aquíferos ou em áreas de proteção ambiental estão terminantemente proibidas de uso, e em muitas vezes, quando sua exploração é concedida, o custo envolvido com a distância de transporte entre a jazida e a obra torna-se elevado e até mesmo inviabiliza o empreendimento.

Paralelo a esta maior fiscalização e limitação do uso destes recursos naturais, observa-se um crescente aumento de volume armazenado de finos de pedra em todas as unidades industriais do estado; o que aponta a necessidade do desenvolvimento de pesquisas que busquem alternativas para o uso destes rejeitos nos diversos setores produtivos.

Na engenharia rodoviária inúmeras são as pesquisas que apontam as potencialidades do uso de rejeitos de pedreiras em projetos de pavimentação. Quando isso é possível, soluciona-se então duas problemáticas: a dificuldade de disponibilizar áreas para o depósito e bota fora desses resíduos que ainda sem saída comercial, estão sendo acumulados nas indústrias causando uma série de inconvenientes, tais como a ocupação de áreas que poderiam ser destinadas a outras funções, além da poluição hídrica e atmosférica e a substituição dos materiais granulares tradicionais.

Batalione (2007) em pesquisa desenvolvida na Universidade de Brasília cita diversos autores que utilizaram de resíduos de pedreiras em serviços de pavimentação e que obtiveram resultados positivos. A Tabela 2.1 apresenta alguns desses trabalhos.

Tabela 1 Resumos das diversas pesquisas sobre aproveitamento de resíduos de pedreiras em pavimentação e suas respectivas fontes bibliográficas.

Trabalhos	Resumo
Mendes (1999)	Analisou o uso de finos de pedra de natureza basáltica em substituição parcial e total de areias naturais, na produção de pavimentos rígidos.
Fujimura et al. (1996)	Realizaram estudos similares aos propostos por Mendes (1999), porém com o uso de finos de britagem de granito.
Seidl et al. (2005)	Pesquisaram e comprovaram as potencialidades do uso de finos de pedra de rocha gnaisse na produção de concreto betuminoso.
Luz et al. (2006)	Pesquisaram o uso de finos de pedreiras (micaxisto) da região de Goiânia (GO) na estabilização de um solo regional.

3.1 Características do resíduo da extração de micaxisto

A mineração de agregados da construção civil da região metropolitana de Goiânia gera uma grande quantidade de resíduo, quando da lavagem do material. Esse resíduo é denominado de pó de micaxisto e está geralmente disposto em pilhas nos pátios das pedreiras conforme é mostrado na Figura 3.



Figura 3 Pilhas de pó de micaxisto gerada no processo de lavagem da brita (ARAÚJO, 2008).

Sabendo que a proposta de materiais alternativos que proporcionem a produção limpa, utilizando materiais antes descartados, tem importância sócio-ambiental relevante, já que por meio da implementação deste tipo de tecnologia pode-se prever sistemas de produção limpos para empresas que geram passivos ambientais sem saída comercial, como é o caso do resíduo proveniente da lavagem de

agregados nas pedreiras da região metropolitana de Goiânia, Luz et al. (2006) desenvolveram na Universidade Federal de Goiás em conjunto com Furnas Centrais Elétricas SA uma pesquisa com o objetivo de analisar a viabilidade técnica da utilização do resíduo das pedreiras de micaxisto dosado ao solo como material de pavimentação.

O resíduo utilizado pelos pesquisadores foi o da Pedreira Britenge, por se tratar de um resíduo representativo das características físico-químicas predominantes nos agregados da Região Metropolitana de Goiânia.

Luz et al. (2006), realizaram a caracterização do pó da rocha micaxisto, onde foram feitos ensaios de limites de consistência, massa específica real dos grãos, classificação (TRB) e a classificação (SUCS), análise de difratometria de raios – X, entre outros. Os resultados de caracterização obtidos pelos autores estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 Resultados dos ensaios de caracterização do pó de micaxisto (LUZ et al., 2006 - modificado).

Amostra	Pó de Micaxisto
Peso específico dos grãos (g/cm ³)	2,782
Limite de liquidez (%)	31
Limite de plasticidade (%)	22
Índice de plasticidade (%)	9
Classificação SUCS	ML
Classificação TRB	A-4

Segundo Luz et al. (2006), a proposta da execução do ensaio de difratometria de raios-X foi a de verificar se o tempo, e as condições de armazenamento, influenciavam na variação das características mineralógicas do pó de micaxisto. Para isso, foram retiradas amostras de 9 pontos distintos no aterro de armazenamento deste resíduo para que se tivesse amostras com diferentes tempos de exposição aos intempéries diversos.

Os resultados obtidos pelos autores demonstraram que nada variou de uma amostra para outra, isso devido a grande presença de quartzo e muscovita, minerais altamente resistentes ao intemperismo, nas amostra de pó de micaxisto.

Sendo assim pode-se concluir que o material possui boa homogeneidade e estabilidade quando submetido ao intemperismo, fato segundo Luz et al. (2006), de relevante importância visto que uma vez feita a análise qualitativa com o resíduo, a mesma não necessita ser repetida com todas as porções coletadas para a análise de laboratório, ou aplicação em campo.

3.2 Utilização do resíduo da extração de micaxisto em pavimentação

Dentre as pesquisas já desenvolvidas sobre a utilização de resíduos de pedreiras em pavimentação realizadas na região metropolitana de Goiânia duas são as que mais se destacam.

Primeiramente Luz et al. (2006) desenvolveram um estudo preliminar a fim de verificar a viabilidade técnica da utilização do pó de micaxisto como mistura na estabilização de solos lateríticos finos provenientes da região de Goiânia com o fim de uso em camadas de pavimentos flexíveis.

Os autores utilizaram além do resíduo proveniente da pedreira Britenge o solo

proveniente da região onde se situa o Ceasa – GO, as margens da BR 153 saída para Anápolis. As amostras de solo e resíduo foram submetidas a ensaios de caracterização física e química e de comportamento mecânico. As Figuras 4 e 5 apresentam os resultados obtidos pelos autores nos ensaios de compactação e CBR para diferentes teores de misturas solo + resíduo nas energias de compactação intermediária e modificada.

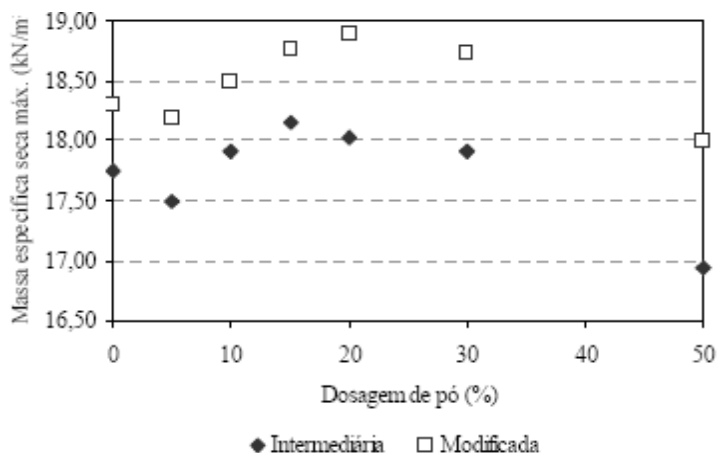


Figura 4 Peso específico seco máximo em função da dosagem (LUZ et al., 2006).

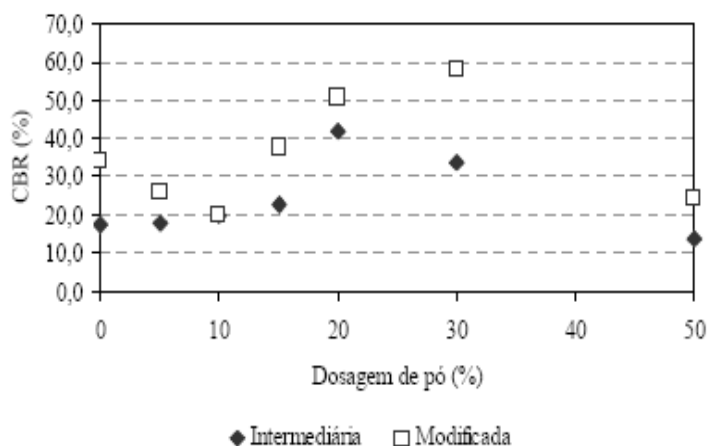


Figura 5 Valores de CBR para as diversas dosagens (LUZ et al., 2006).

Os resultados apresentados nas Figuras 4 e 5 demonstram segundo Luz et al. (2006) que há viabilidade técnica de utilização do resíduo dosado ao solo, o que melhorou de certa forma a qualidade do solo in natura, já que o CBR passa de 32% para 59%, na energia modificada, e de 18% para 41%, na energia intermediária, o que significa economia das jazidas naturais, e respostas mais positivas, no que se refere à resistência.

Com base nas conclusões de Luz et al. (2006), Araújo (2008) em pesquisa desenvolvida na Universidade Federal de Goiás estudou de forma mais detalhada a aplicação da mistura solo + pó de micaxisto e camadas de pavimentos flexíveis.

O resíduo utilizado pelo autor é oriundo do Complexo Industrial da Pedreira da Companhia de Pavimentação do Município de Goiânia (COMPAV).

O solo fino selecionado para o estudo representa o solo abundantemente encontrado na região. Sua utilização se faz necessária já que, com base nos resultados de Luz et al. (2006), tem-se que o pó de micaxisto sozinho não apresenta as características mecânicas necessárias para ser utilizado em pavimentação.

Assim, a situação mais viável economicamente é utilizar misturas do resíduo com o solo encontrado no próprio local da obra. Dessa forma, as amostras de solo fino foram retiradas da área de empréstimo localizada na Central de Abastecimento do Estado de Goiás (CEASA - GO).

E com o intuito de realizar comparações entre os resultados obtidos para os materiais selecionados Araújo (2008) comparou os resultados obtidos com diversas proporções de misturas solo + pó de micaxisto a resultados obtidos em um cascalho laterítico, material este que ainda hoje é o mais tradicional e conseqüentemente o mais utilizado em obras de pavimentação.

Araújo (2008) realizou ensaios de caracterização, compactação e CBR em misturas de solo micaxisto e na amostra de cascalho laterítico em uma primeira fase em laboratório, em ensaios de penetrômetro dinâmico de cone e prova de carga sobre placa em uma segunda fase em campo onde foi construída uma pista experimental.

As Tabelas 3 e 4 apresentam os resultados dos ensaios de compactação, expansão e CBR realizados nas amostras de solo natural, cascalho laterítico e nas misturas solo + pó de micaxisto.

Tabela 3 Resultados dos ensaios de compactação (ARAÚJO, 2008 - modificado).

Amostra	E. Intermediária		E. Modificada	
	W _{ot} (%)	γ _{dmax} (kN/m ³)	W _{ot} (%)	γ _{dmax} (kN/m ³)
20% resíduo + 70% solo	15,0	17,8	15,4	18,6
30% resíduo + 70% solo	15,4	18,5	13,5	18,8
solo	18,8	17,4	17,7	18,4
cascalho	9,8	19,8	10,5	19,6

Tabela 4 Resultados dos ensaios de expansão e CBR (ARAÚJO, 2008 - modificado).

Amostra	E. Intermediária		E. Modificada	
	Exp (%)	CBR (%)	Exp (%)	CBR (%)
20% resíduo + 70% solo	0,02	40,0	0,03	52,9
30% resíduo + 70% solo	0,03	26,5	0,03	42,7
solo	0,02	17,4	0,02	32,5
cascalho	0,01	49,3	0,01	62,3

Com base nos resultados apresentados das Tabelas 4 e 5, Araújo (2008) ressalta que as amostras estudadas apresentam potencial para serem utilizadas na construção de pavimentos flexíveis. O cascalho apresentou os melhores parâmetros, seguido pela mistura, solo + pó de micaxisto (20%) e solo + pó de micaxisto (30%). O que demonstra que a incorporação do pó de micaxisto nos solos das jazidas locais das obras de pavimentação pode se tornar uma alternativa viável, sendo que dependendo do tipo de via que será executada e do tráfego que nela irá existir, a mistura solo + pó de micaxisto aparece como um bom substituto do tradicional cascalho laterítico e de outras soluções mais onerosas.

Também fica evidente segundo o autor a melhoria das características de resistência do solo natural com a incorporação do pó de micaxisto. Sendo assim em uma estimativa de custos relacionada a uma obra de pavimentação, se forem

considerados ainda os passivos ambientais envolvidos em todo o processo, provavelmente o cascalho se tornará o material mais caro e a mistura solo + pó de micaxisto poderá ser considerada a mais viável economicamente.

4 CONCLUSÕES

De maneira geral, pode-se concluir que o resíduo de pedra denominada pó de micaxisto, possui viabilidade técnica para ser utilizado na estrutura de pavimentos flexíveis. Visto que em ambas as pesquisas apresentadas foi observado o ganho de resistência quando do acréscimo desse resíduo a amostras de solos finos.

A utilização desses materiais traria solução a duas grandes questões: a diminuição da utilização de jazimentos naturais de solo, e a utilização de materiais tecnicamente não aproveitáveis, diminuindo assim os passivos ambientais por eles causados como é o caso do resíduo proveniente da lavagem de agregados nas pedreiras da região metropolitana de Goiânia

No entanto do ponto de vista da viabilidade econômica, estudos mais aprofundados devem ser feitos, tais como análise logística de distância de transporte viável para a implementação desta técnica, o quanto se deixa de explorar de jazidas naturais com a implementação do método, entre outras avaliações pertinentes.

REFERÊNCIAS

Associação Nacional das Entidades de Produtores de Agregados para Construção Civil – ANEPAC. Mercado produtor de brita de Goiania. Areia & Brita, nº 26. Publicação trimestral – Abr/Mai/Jun de 2004.

Araújo, W.E.L (2008). Aproveitamento de resíduos da extração de micaxisto em pavimentos flexíveis. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Goiás, Escola de Engenharia Civil, Goiania, GO. 142p.

Associação Nacional das Entidades de Produtores de Agregados para Construção Civil – ANEPAC. Mercado produtor de brita de Goiania. Areia & Brita, nº 26. Publicação trimestral – Abr/Mai/Jun de 2004.

Bacci, D.L.C.; Landim, P.M.B.; Eston, S.M. Aspectos e impactos ambientais de pedreiras em área urbana. Revista Escola de Minas, Ouro Preto, 59 (1): 47-54, jan. Mar. 2006.

Batalione, G. Estabilização de solos tropicais com a utilização de rejeitos finos de pedra de uma rocha granítica. Dissertação de Mestrado, Publicação GDM 158/07. Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2007. 172p.

Google Maps. Disponível em: <maps.google.com.br>. Acesso em: 20 de out. 2008.

Luz, M.P.; Castro, S.S.; Rezende, L.R.; Silva, A.L.A. Análise da Viabilidade Técnica da Utilização de Rejeito de Pedreira Dosado ao Solo como Material de Pavimentação. XIII COBRAMSEG, Curitiba, Brasil.

Micaxisto. Rochas metamórficas. Disponível em: <www.eb23paranhos.rcts.pt/Pagina%20Internet/micaxisto.html>. Acesso em: 20 de out. 2008.

Rezende, L.R. Estudo do Comportamento de materiais alternativos utilizados em estruturas de pavimentos flexíveis. Tese de Doutorado, Departamento de Engenharia civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2003. 372p.

Terra Planeta 'Vivo'. Rochas – metamorfismo. Disponível em: <domingos.home.sapo.pt/rochas_3>. Acesso em: 20 de out. 2008. Departamento de Ciências da Terra da Universidade do Minho (DCT/UM). Rochas

Metamórficas. Materiais e Recursos Geológicos – Lic. Em Geografia e Planeamento. Notas de aula. Disponível em : <www.dct.uminho.pt/docs/mat_rec/7.pdf>. Acesso em: 20 de out. 2008.