
CELULOSE E CARVÃO VEGETAL DE *MIMOSA CAESALPINIAEFOLIA* BENTHAN (SABIÁ)

CELSO DE ALMEIDA GONÇALVES
Mestre, Prof. Substituto DPF-IF-UFRRJ
MILTON MARQUES FERNANDES
Acadêmico do Cur. de Eng. Flor., IF-UFRRJ
AZARIAS MACHADO DE ANDRADE
Dr., Prof. Adjunto, DPF-IF-UFRRJ

RESUMO

O presente estudo objetivou a análise de algumas das propriedades físicas e químicas da madeira de *Mimosa caesalpiniaefolia* Benth (Sabiá), com a finalidade de avaliar as suas potencialidades como espécie produtora de polpa celulósica e de carvão vegetal. Os resultados demonstraram que a madeira de *Mimosa caesalpiniaefolia* não é indicada para a fabricação de polpa celulósica, em função do seu baixo teor de α -celulose (28,40%), alto teor de lignina Klason (32,40%) e elevada densidade ponderada média (0,80 g/cm³). Quando a alta densidade da madeira é considerada juntamente com o alto teor de lignina, evidencia-se a possibilidade da utilização da espécie para a produção de carvão vegetal.

Palavras-chaves: *Mimosa caesalpiniaefolia*, análises físico-químicas, polpa celulósica, carvão vegetal.

ABSTRACT**PULP AND CHARCOAL PRODUCTION OF *MIMOSA CAESALPINIAEFOLIA* BENTHAN (SABIÁ)**

The main proposal of this paper was to study some chemical and physical characteristics of *Mimosa caesalpiniaefolia* Benth, in order to analyse its potentialities as an alternative specie to be employed in several processes such as pulp industries and charcoal production. Results seems that this specie is not indicate to pulp production because of its low α -cellulose content (28,40%), high Klason lignin content (32,40%) and high basic density (0,80 g/cm³). The high basic density and high lignin content association seems that charcoal production is a possible application to this specie.

Key words: *Mimosa caesalpiniaefolia*, physical and chemical analysis, pulp, charcoal.

INTRODUÇÃO

Durante a produção do carvão vegetal e da polpa celulósica ocorrem significativas alterações físicas e químicas na madeira. Entretanto, a qualidade final do produto está estreitamente relacionada às características da matéria prima utilizada.

A *Mimosa caesalpiniaefolia* Benth (Sabiá), pertencente à família *Leguminosae* e da subfamília *Mimosoideae* (JOLY, 1991), é uma árvore de pequeno porte, não atingindo grandes diâmetros e muitas vezes apresentando-se em touceiras. Planta espinhenta e lactascente é capaz de fixar o nitrogênio através da simbiose entre suas raízes e as bactérias do gênero *Rhizobium*. Nativa do Maranhão e mais adaptada ao nordeste do Brasil, com maior índice de ocorrência no Ceará, a espécie se desenvolve bem no Estado do Rio de Janeiro. A sua folhagem é forragem para o gado e a sua lenha apresenta um alto poder calorífico (SOBRINHO, 1995). A espécie é considerada pioneira, característica de caatinga e suas flores são melíferas. Sua madeira é densa e de grande durabilidade natural, mesmo quando exposta ao tempo ou enterrada, sendo apropriada para usos externos tais como moirões, estacas e esteios (LORENZI, 1992).

Apesar de ocorrer com uma elevada frequência no Estado do Rio de Janeiro, a *Mimosa caesalpiniaefolia* tem sido pouco estudada, principalmente sob o ponto de vista tecnológico. Este trabalho foi desenvolvido com o objetivo de analisar algumas das principais características físicas e químicas da *Mimosa caesalpiniaefolia*, com vistas à sua utilização para a produção de polpa celulósica e de carvão vegetal.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizados cinco fustes de *Mimosa caesalpiniaefolia*, com diâmetros à altura do peito entre 12 e 15 cm, coletados no interior do Campus da Universidade Federal Rural do Rio

de Janeiro, no município de Seropédica, RJ. Também foram utilizados cinco fustes de *Eucalyptus urophylla* (testemunha), com diâmetros à altura do peito entre 17 e 23 cm, provenientes de uma floresta plantada, com sete anos de idade, estabelecida no município de Seropédica, RJ.

De cada fuste foram retirados seis discos, com aproximadamente 4 cm de espessura, nas seguintes posições: um na base (a 20 cm do solo), um a 1,30 m do solo (à altura do peito) e os outros quatro a 25, a 50, a 75 e a 100% da altura comercial. As amostras na forma de discos, juntamente com as porções restantes de todos os fustes, devidamente identificadas, foram encaminhadas ao Departamento de Produtos Florestais do Instituto de Florestas da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, para as análises laboratoriais.

Utilizando-se facões, 3/4 de cada disco foi transformado em cavacos e, após o quarteamento sucessivo desses cavacos, foram retiradas amostras de 250 g de material vegetal a.s. (absolutamente seco), de cada espécie florestal, para as destilações secas. Um quarto da amostra coletada à altura do peito (1,30 m do solo), após ter sido transformado em serragem num moinho de martelo, foi utilizado durante a análise química da *Mimosa caesalpiniaefolia*. O material restante foi utilizado para a determinação da densidade básica média ponderada das madeiras de Sabiá e de Eucalipto, a partir do método hidrostático (VITAL, 1984). Utilizou-se como fator de ponderamento o volume das cinco seções resultantes de cada fuste amostrado.

As análises químicas consistiram na determinação dos componentes solúveis em reagentes orgânicos (TAPPI T12 os-75), do teor de a-celulose (TAPPI T17 m-55 e TAPPI T203 os-77), do teor de holocelulose (TAPPI T9 m-54), do teor de hemiceluloses (TAPPI T19 m-50 e TAPPI T223 os-78), do teor de lignina Klason (TAPPI T222 os-74) e do teor de componentes inorgânicos (ABCP M-11/77 e TAPPI T15 os-58).

Para as análises químicas a serragem foi peneirada, sendo utilizada a fração que atravessou a peneira com malha de 1,0 mm e ficou retida na peneira com malha de 0,3 mm, em conformidade com a norma ABCP M1. O material foi acondicionado em uma sala climatizada com temperatura de $20 \pm 1^\circ\text{C}$ e umidade relativa de $65 \pm 2\%$.

A preparação do material livre de extrativos foi feita utilizando-se acetona e água destilada quente, em conjuntos extratores de refluxo do tipo Soxhlet, de acordo com a norma TAPPI T12 os-75.

Para a determinação do teor de lignina Klason, 1,0 g de serragem a.s. foi colocado em um cadinho de porcelana, adicionando-se 3,0 ml de ácido sulfúrico a 72% e macerando-se por 1 hora, dentro de um banho-maria na temperatura de 25 a 30°C . A seguir o material foi transferido para um balão volumétrico de 250ml, diluído em 84 ml de água destilada e fervido por 4 horas sob refluxo. Realizou-se a filtragem em cadinhos de vidro sinterizado, previamente tarados, lavando-se o material residual (lignina Klason) com 500 ml de água quente.

Determinou-se o teor de a-celulose a partir de 5 gramas das amostras livres de extrativos a.s. O material foi mantido em refluxo com ácido nítrico absoluto (HNO_3) durante 60 minutos, com água destilada durante 30 minutos e com NaOH a 4% durante 40 minutos. Filtrou-se o material residual (a-celulose) em cadinhos de vidro sinterizado, previamente tarados, lavando-se com água destilada quente, com ácido acético a 1% e água destilada quente, seqüencialmente.

Determinou-se o teor de holocelulose a partir de 5 gramas das amostras livres de extrativos a.s. As amostras foram colocadas em Erlenmeyers de 500 ml, adicionando-se 160 ml de água destilada, 1,5 g de clorito de sódio (NaClO_2) e 10 gotas de ácido acético glacial. Manteve-se o material em banho-maria a 80°C , durante 60 minutos, agitando-se freqüentemente. Acrescentou-se mais 1,5g de clorito de sódio e 10 gotas de ácido acético glacial e manteve-se em banho-maria por mais

60 minutos, procedimento que se repetiu por mais seis vezes, até que o material fosse esfriado em água gelada. Filtrou-se o material residual (holocelulose) em cadinhos de vidro sinterizado, previamente tarados, lavando-se com água destilada quente e 50 ml de acetona, sob vácuo.

O teor de hemiceluloses correspondeu à diferença entre 100% e o somatório dos teores de a-celulose, lignina Klason, extrativos totais e cinza.

Para os estudos termogravimétricos, as amostras das matérias-primas vegetais foram secas em estufa à temperatura de $105 \pm 3^\circ\text{C}$, até 0% de umidade. Durante as destilações secas, à temperatura máxima de 500°C , as amostras foram acondicionadas num cadinho metálico (Figura 1), adaptado para liberar os gases durante a pirólise. O cadinho metálico, por sua vez, foi colocado no interior de uma mufla elétrica, devidamente preparada para a efetivação das destilações secas (Figura 2).

Foram determinados os rendimentos gravimétrico em carvão e em carbono, além dos rendimentos em gases condensáveis e não condensáveis, relacionando-se a massa do respectivo produto com a massa de material lenhoso a.s. destilada. O rendimento em gases incondensáveis foi obtido subtraindo-se de 100% o somatório dos rendimentos gravimétricos em carvão e em gases condensáveis.

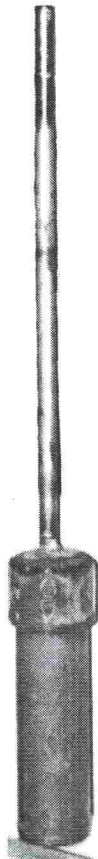


Figura 1 - Cadinho metálico, utilizado durante as destilações secas.

Mufla para acondicionamento do cadinho metálico

Condensadores de Liebig, ligados em série

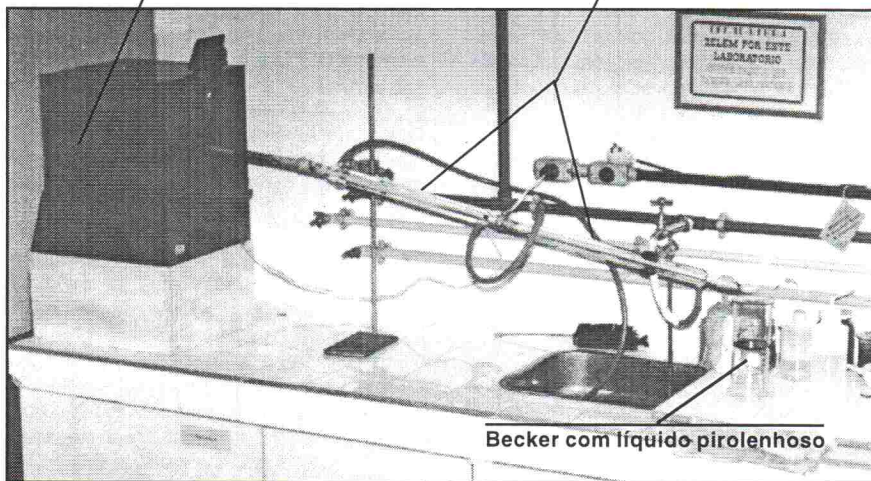


Figura 2 - Sistema laboratorial de destilação seca do material vegetal.

A análise química imediata do carvão foi efetuada com base na norma ASTM D-1762-64, adaptada por OLIVEIRA *et al.* (1982), determinando-se os teores de materiais voláteis, de cinza e de carbono fixado no carvão vegetal.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores médios das densidades básicas ponderadas (g/cm^3) dos fustes de *Mimosa caesalpiniaefolia* e de *Eucalyptus urophylla* são apresentados no Quadro 1.

Em função da elevada densidade básica ponderada apresentada pelo fuste de *Mimosa caesalpiniaefolia*, com referência à polpação química alcalina, possivelmente haverá um bom aproveitamento do volume útil dos digestores. Isto poderá ocorrer devido ao fato de que, para a manutenção de uma determinada massa de matéria-prima fibrosa por batelada, menores volumes de material vegetal deverão ser

processados. Por outro lado, há indícios de que sob condições brandas de cozimento não será possível a impregnação total dos cavacos derivados do fuste de *Mimosa caesalpiniaefolia*, o que certamente resultaria em elevados teores de rejeitos e decréscimos no rendimento depurado e na qualidade da polpa celulósica.

O Quadro 2 apresenta os valores médios referentes à análise química do fuste de *Mimosa caesalpiniaefolia*.

Em relação à polpação alcalina Kraft, com base exclusivamente nos valores médios apresentados pela análise química do material, há indícios de que o fuste de *Mimosa caesalpiniaefolia* não seja uma potencial matéria-prima fornecedora de fibras. O teor de holocelulose (celulose + hemiceluloses) estabeleceu-se em níveis abaixo daqueles normalmente apresentados pelas folhosas utilizadas para a mesma finalidade (56,91% e 70,00%, respectivamente). O teor médio de lignina, por sua vez, mostrou-se acima daqueles normalmente verificados nas folhosas (32,40% e 25,00%, respectivamente), fato que, do ponto de vista da polpação química alcalina

Kraft, é negativo. Provavelmente, haverá um maior consumo de reagentes químicos deslignificadores durante o cozimento e o branqueamento da polpa celulósica. Isto, por sua vez, normalmente resulta em menores rendimentos em pasta celulósica depurada, maior dificuldade de branqueamento da polpa, maiores quantidades de sólidos orgânicos no licor negro residual e maiores custos de produção.

Pela observação dos valores médios da análise química do fuste de *Mimosa caesalpiniaefolia* percebe-se que, possivelmente, será obtido um alto rendimento gravimétrico em carvão vegetal, devido ao elevado teor médio de lignina. Pode ocorrer, também devido ao elevado teor de lignina do fuste de *Mimosa caesalpiniaefolia*, a fixação de altos teores de carbono no carvão, uma vez que este constituinte químico, além de apresentar uma maior resistência à decomposição térmica, possui a sua estrutura formada por até 65% de carbono, contra 45% da celulose e das hemiceluloses. Em contrapartida, são esperados baixos rendimentos em líquido pirolenhoso, em função do baixo teor de holocelulose do material.

Os valores médios dos rendimentos gravimétrico em carvão (RGR-%), em condensados pirolenhosos (RGC-%) e em gases incondensáveis (RGI-%), com base na massa de material vegetal a.s. destilada a 500 °C, para os fustes de *Mimosa caesalpiniaefolia* e de *Eucalyptus urophylla*, são apresentados no Quadro 3.

O rendimento gravimétrico em carvão apresentado pelo *Eucalyptus urophylla* foi, em média, menor do que aquele exibido pela *Mimosa caesalpiniaefolia*. Isto pode ter ocorrido devido à grande diferença observada entre as densidades básicas ponderadas dos fustes destas espécies. A madeira do *Eucalyptus urophylla* apresentou uma densidade ponderada média menor do que aquela apresentada pela madeira de *Mimosa caesalpiniaefolia* (0,49 g/cm³ e 0,80 g/cm³, respectivamente). Em função desta significativa diferença, pode ter havido,

inclusive, uma alteração no comportamento das respectivas matérias-primas lenhosas perante à destilação seca, sobretudo em relação ao tempo necessário para a entrada na fase exotérmica do processo que, no caso do *Eucalyptus urophylla*, pode ter ocorrido antes, devido à maior facilidade de translocação dos gases aquecidos no interior do material vegetal, submetido à ação da energia térmica. Desta maneira, gerou-se a frente de pirólise e formou-se a camada de carvão num menor espaço de tempo, quando comparado ao processo de destilação seca do lenho de *Mimosa caesalpiniaefolia*. Isto, também, pode ter resultado em maiores ritmos médios de ascensão da temperatura, durante a destilação seca do *Eucalyptus urophylla*.

Sob as condições estabelecidas para a destilação seca dos materiais vegetais, foi observado um rendimento em gases condensáveis, em média, maior para o fuste de *Eucalyptus urophylla*, quando comparado com o fuste de *Mimosa caesalpiniaefolia*. Isto pode estar associado ao baixo teor de holocelulose apresentado pelo fuste de *Mimosa caesalpiniaefolia* (Quadro 2), não favorecendo a liberação de compostos hidroxigenados, durante a decomposição térmica do material vegetal.

O Quadro 4 apresenta os valores médios dos teores de matérias voláteis (TMV-%), de cinza (TCZ-%) e de carbono fixo (TCF-%), bem como o rendimento em carbono fixo (RCF-%), obtidos a partir da análise química imediata do carvão vegetal dos fustes de *Mimosa caesalpiniaefolia* e de *Eucalyptus urophylla*, destilados a 500 °C.

Em função do menor teor de matérias voláteis apresentado pelo carvão do fuste de *Eucalyptus urophylla*, ocorreu um sensível aumento no teor de carbono fixado no carvão do mesmo. Isto, provavelmente, ocorreu devido à grande diferença observada entre as densidades básicas dos materiais vegetais ora analisados, com os seus já referidos efeitos sobre o comportamento desses materiais perante o processo de destilação seca.

QUADRO 1. Valores médios das densidades básicas ponderadas (g/cm^3) dos fustes de *Mimosa caesalpiniaefolia* e de *Eucalyptus urophylla*

| Espécie Florestal | Densidade (g/cm^3) |
|---------------------------------|-------------------------------|
| <i>Mimosa caesalpiniaefolia</i> | 0,80 |
| <i>Eucalyptus urophylla</i> | 0,49 |

QUADRO 2. Valores médios observados a partir da análise química do fuste de *Mimosa caesalpiniaefolia*

| Constituinte Analisado | Concentrações (%) | |
|------------------------------|-------------------|--------|
| | Madeira | Casca |
| Extrativos em água e acetona | 10,10 | 8,60 |
| Alfa-Celulose | 28,40 | 14,97 |
| Hemiceluloses | 28,51 | 22,46 |
| Lignina Klason | 32,40 | 46,80 |
| Componentes Inorgânicos | 0,59 | 7,17 |
| TOTAL | 100,00 | 100,00 |

QUADRO 3. Valores médios dos rendimentos gravimétrico em carvão (RGR-%), em condensados pirolenhosos (RGC-%) e em gases incondensáveis (RGI-%), com base na massa de material vegetal a.s. (absolutamente seco) destilada a 500 °C, para os fustes de *Mimosa caesalpiniaefolia* e de *Eucalyptus urophylla*

| Variável | Rendimento (%) | |
|----------|---------------------------------|-----------------------------|
| | <i>Mimosa caesalpiniaefolia</i> | <i>Eucalyptus urophylla</i> |
| RGR | 32,04 a | 25,20 b |
| RGC | 39,52 b | 47,20 a |
| RGI | 28,44 a | 27,60 a |
| TOTAL | 100,00 | 100,00 |

*Médias seguidas da mesma letra, nas colunas, não diferem estatisticamente entre si.

O rendimento gravimétrico em carvão apresentado pelo *Eucalyptus urophylla* foi, em média, menor do que aquele exibido pela *Mimosa caesalpiniaefolia*. Isto pode ter ocorrido devido à grande diferença observada entre as densidades básicas ponderadas dos fustes destas espécies. A madeira do *Eucalyptus urophylla* apresentou uma densidade ponderada média menor do que aquela apresentada pela madeira de *Mimosa caesalpiniaefolia* (0,49 g/cm³ e 0,80 g/cm³, respectivamente). Em função desta significativa diferença, pode ter havido, inclusive, uma alteração no comportamento das respectivas matérias-primas lenhosas perante à destilação seca, sobretudo em relação ao tempo necessário para a entrada na fase exotérmica do processo que, no caso do *Eucalyptus urophylla*, pode ter ocorrido antes, devido à maior facilidade de translocação dos gases aquecidos no interior do material vegetal, submetido à ação da energia térmica. Desta maneira, gerou-se a frente de pirólise e formou-se a camada de carvão num menor espaço de tempo, quando comparado ao processo de destilação seca do lenho de *Mimosa caesalpiniaefolia*. Isto, também, pode ter resultado em maiores ritmos médios de

ascensão da temperatura, durante a destilação seca do *Eucalyptus urophylla*.

Sob as condições estabelecidas para a destilação seca dos materiais vegetais, foi observado um rendimento em gases condensáveis, em média, maior para o fuste de *Eucalyptus urophylla*, quando comparado com o fuste de *Mimosa caesalpiniaefolia*. Isto pode estar associado ao baixo teor de holocelulose apresentado pelo fuste de *Mimosa caesalpiniaefolia* (Quadro 2), não favorecendo a liberação de compostos hidroxigenados, durante a decomposição térmica do material vegetal.

O Quadro 4 apresenta os valores médios dos teores de matérias voláteis (TMV-%), de cinza (TCZ-%) e de carbono fixo (TCF-%), bem como o rendimento em carbono fixo (RCF-%), obtidos a partir da análise química imediata do carvão vegetal dos fustes de *Mimosa caesalpiniaefolia* e de *Eucalyptus urophylla*, destilados a 500 °C.

Em função do menor teor de matérias voláteis apresentado pelo carvão do fuste de *Eucalyptus urophylla*, ocorreu um sensível aumento no teor de carbono fixado no carvão

QUADRO 4 . Valores médios obtidos a partir da análise química imediata do carvão vegetal dos fustes de *Mimosa caesalpiniaefolia* e de *Eucalyptus urophylla*, destilados a 500 °C. TMV = Teor de Matérias Voláteis (%), TCZ = Teor de Cinza (%), TCF = Teor de Carbono Fixo (%) e RCF = Rendimento em Carbono Fixo (%)

| Variável | Valor Médio (%) | |
|----------|---------------------------------|-----------------------------|
| | <i>Mimosa caesalpiniaefolia</i> | <i>Eucalyptus urophylla</i> |
| TMV | 19,00 a | 9,60 b |
| TCZ | 1,71 a | 1,80 a |
| TCF | 79,29 b | 88,60 a |
| TOTAL | 100,00 | 100,00 |
| RCF | 25,40 a | 22,33 b |

*Médias seguidas da mesma letra, nas colunas, não diferem estatisticamente entre si.

do mesmo. Isto, provavelmente, ocorreu devido à grande diferença observada entre as densidades básicas dos materiais vegetais ora analisados, com os seus já referidos efeitos sobre o comportamento desses materiais perante o processo de destilação seca.

O rendimento em carbono fixo apresentado pelo carvão do fuste do *Eucalyptus urophylla* foi, em média, menor do que aquele exibido pelo carvão do fuste da *Mimosa caesalpiniaefolia*. Isto ocorreu em função dos maiores rendimentos gravimétricos em carvão (RGR) do fuste da *Mimosa caesalpiniaefolia*, observados no decorrer das destilações.

Vale destacar o baixo teor de cinza apresentado pelo carvão do fuste da *Mimosa caesalpiniaefolia*, estatisticamente comparável àquele apresentado pelo carvão do fuste do *Eucalyptus urophylla*.

CONCLUSÕES

Com base nos resultados observados a partir da análise dos dados e tendo como referência a madeira do *Eucalyptus urophylla*, concluiu-se que:

1 – A madeira de *Mimosa caesalpiniaefolia* não é indicada para a produção de polpa celulósica, em virtude do seu baixo teor de alfa-celulose (28,40%), alto teor de lignina (32,40%) e elevada densidade básica (0,80 g/cm³); e,

2 - A madeira de *Mimosa caesalpiniaefolia* é indicada para a produção de carvão vegetal, em função das boas características físico-

químicas apresentadas pelo carvão, destacando-se o elevado rendimento gravimétrico (32,04%), o baixo teor de cinza (1,71%) e o alto rendimento em carbono fixo (25,40%).

LITERATURA CITADA

JOLY, A.B. *Botânica - Introdução à taxonomia vegetal*. 10. Ed., Companhia Editora Nacional: São Paulo, p.777, 1991.

LORENZI, H. *Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil*. Nova Odessa: Plantarum, p. 368, 1992.

OLIVEIRA, J.B., GOMES, P.A., ALMEIDA, M.R. Propriedades do carvão vegetal. In: PENEDO, W. R. *Carvão vegetal*. Belo Horizonte: Centro Tecnológico de Minas Gerais, p.9-61, 1982. (Separata 6)

VITAL, B.R. *Métodos de determinação da densidade da madeira*. Viçosa: Sociedade de Investigações Florestais, p. 21, 1984. (Boletim técnico 1).

SOBRINHO, J. A. *Sabiá (Mimosa caesalpiniaefolia Benth.), uma espécie florestal de uso múltiplo*. Seropédica, RJ, Imprensa Universitária: UFRRJ, Floresta e Ambiente, v.2, n. 1, p.125-25, 1995.

TAPPI – Technical Association of the Pulp and Paper Industry. *Official Test Methods (OM), Provisional Test Methods (PM) and Useful Test Methods (UM)*. Atlanta: One Dunwoody Park, 1979. np