TURFA - MÉTODOS DE LAVRA E OPÇÕES PARA USO NO NORDESTE BRASILEIRO

GEORG REINHARD LENZ*

ABSTRACT The light Departamento Nacional de Produção Mineral – DNPM (Brazilian Authority of Mineral Production), through state owned exploration company CPRM, is executing since 1980, in the scope of a National Energy Mobilization Program (PME), a regional peat prospection in coastal areas of the nine northeastern states. Up to now, six states (Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe e Bahia) have been studied, resulting in nearly 100 peat deposits, ten of large dimensions. The deposits belong to the Low Moor Type, formed in valleys and between fossil coastal dunes. The inferred geological reserves in a total area of 27 000 ha amount to $540 \times 10^6 \text{ m}^3$ of peat, with $300 \times 10^6 \text{ m}^3$ Energy Peat, representing an energy content of $190 \times 10^6 \text{ Gcal}$. For calculating technical and economical mineable peat reserves we propose a system based principally on drainage conditions and clastic overburden, as well as peat thickness and ash-value. Mining method proposed is production of sod peat by peat cutter and of not conformed peat by excavator. Quantity and quality at hand justify the use for production of process energy in regional industries, in substitution of oil, fire-wood and coal. Best quality peat may be transformed into coque, for metallurgical and other uses. Reserves are not sufficient for large thermoelectrical power plants. The economic feasibility of peat production in Northeastern Brazil will be influenced negatively by a planned natural gas pipeline (Natal – Recife) and by special rates for industrial consumers who convert electricity in process energy.

INTRODUÇÃO Nos últimos anos, uma matéria-prima ganhou atenção no plano internacional, nova para muitos países situados nos Trópicos, embora em países do Hemisfério Norte já esteja há centenas de anos em uso como combustível e corretivo de solos – a turfa.

Como ficou comprovado na Conferência sobre Fontes Novas e Renováveis de Energia, patrocinada pela Organização das Nações Unidas, em Nairóbi, 1981, esta substância ganha importância cada vez maior, especialmente nos países e regiões carentes de combustíveis fósseis, sacrificados importadores de petróleo para suas necessidades energéticas, premidos pelo desequilíbrio gerado na balança comercial.

No Brasil, desde 1980, o Departamento Nacional da Produção Mineral (DNPM) vem, através da Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais, executando programas de prospecção e pesquisa tecnológica para combustíveis fósseis sólidos (carvão, linhito, turfa), com recursos provenientes do Programa de Mobilização Energética, do Ministério das Minas e Energia.

Com a obrigação de substituir óleo combustível na indústria regional, o Nordeste brasileiro ressentia-se da falta de reservas econômicas de carvão e linhito, para suprir as necessidades de energia térmica nas diversas instalações industriais. Isto obrigou o setor a recorrer ao uso de fontes alternativas, como lenha, bagaço de cana e até pneus velhos, matérias energéticas com oferta limitada e, no caso da lenha, decrescente. Sentindo esta escassez regional de combustível, foi a região Nordeste a escolhida para as atividades de pesquisa de turfa pelo DNPM, tendo como objetivos iniciais comprovar a existência de depósitos de turfa e co-

lher informações detalhadas a respeito da quantidade e da qualidade de suas reservas, bem como possibilitar, posteriormente, estudos sobre o seu melhor aproveitamento, sempre visando a substituição dos energéticos escassos e caros nessa região.

Projetos Desenvolvidos no Litoral Brasileiro São em número de três:

- Turfa na faixa costeira da Bahia e Sergipe.
- Turfa no Nordeste oriental, abrangendo o litoral dos estados de Alagoas, Pernambuco, Paraíba e Rio Grande do Norte.
- Prospecção de turfa e linhito no Nordeste setentrional no litoral dos estados do Maranhão, Piauí e Ceará.

Os três projetos estão se desenvolvendo ao longo de 2 500 km de costa, cobrindo uma área de aproximadamente $125\,000 \text{ km}^2$.

Os dois primeiros projetos foram iniciados em 1980 e começaram com trabalhos de reconhecimento geológico, definindo o condicionamento geológico – geomorfológico das turfeiras, bem como cadastrando e amostrando as ocorrências detectadas. Na etapa seguinte, houve principalmente um semidetalhamento de turfeiras selecionadas, com a delimitação de reservas e definição de qualidades. No momento atual estão se processando lavras experimentais, juntamente com testes de queima, para demonstrar a viabilidade técnica da turfa como combustível.

O terceiro projeto iniciou-se em meados de 1983 e encontra-se na fase do reconhecimento geológico.

* DNPM – DGM. SAN – Quadra 1 – Bloco B, CEP 70040, Brasília – DF

MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA
DEPARTAMENTO NACIONAL DA PRODUÇÃO MINERAL

Figura 1

- TURFEIRAS
- CAPITAIS

TURFAS — GENERALIDADES Turfa é o membro inicial da sequência de carbonificação, que leva a biomassa acumulada em depressões terrestres, graças a processos bio-geoquímicos, para os estágios de turfa — linhito — carvão betuminoso — antracito/grafita. Trata-se de uma metamorfose de rochas sedimentares de origem orgânica (*caustobolitos*), que promove através de uma perda material — liberação de H_2O , CO_2 e complexos de hidrocarbonetos — o enriquecimento contínuo em carbono fixo.

Enquanto a massa vegetal se decompõe completamente ao ar livre, em virtude da presença suficiente de oxigênio, o mesmo não acontece num ambiente saturado de água, como, por exemplo, num pântano. Nesse ambiente, devido à escassez de oxigênio, ocorre acumulação de massa vegetal morta, que passa por processo de decomposição retardada, principalmente bacteriológico, denominado humificação. A rapidez da decomposição da massa vegetal depende, além da sua composição, decisivamente do fator clima. Constatou-se que o clima tropical, que favorece de um lado a disponibilidade de massa vegetal, por outro lado também favorece uma decomposição acelerada, diminuindo assim a quantidade de material a ser fossilizado como turfa.

Para a determinação operacional do grau de decomposição da turfa está sendo usada a tabela de Von Post, composta de 10 classes e que começa com a classe H1 para uma massa vegetal no início da humificação, com aparência de palha e suas estruturas vegetais ainda quase perfeitas. A turfa pouco decomposta, H1 a H3, é denominada *Turfa*

Fibrosa, ou *Turfa Branca*. A turfa medianamente decomposta, H4 a H6, *Turfa escura* ou *turfa hêmica* apresenta-se com suas estruturas vegetais em fase de dissolução. A turfa muito decomposta, classes H7 a H10, apresenta-se como uma espécie de massa gelatinosa, de cor marrom a preta e com poucas fibras. Esta é denominada *turfa preta*, ou *turfa sáprica*.

Vale ressaltar, contudo, que a tabela Von Post foi desenvolvida considerando as turfeiras altas (vide a seguir) das zonas climáticas moderada a boreal. Sua aplicação para as turfeiras baixas tropicais, geralmente num estado avançado de decomposição, torna-se problemática devido à participação considerável de fibras resistentes nestas turfas e que dão a impressão falsa de uma turfa fibrosa no estágio inicial da decomposição. Nestes casos, as substâncias húmicas foram, em boa parte, lixiviadas. Esta opinião está sendo reforçada pela semelhança aparente das turfas fósseis da região, cobertas por camadas de estéril, com os linhitos terriformes, formados em tempos plio-pleistocenos sob um clima tropical/subtropical na Europa central e que, na sua condição de linhito, seguramente passaram do estágio da turfa.

Uma turfeira se desenvolve em locais onde há abundância de água e uma produção elevada de massa vegetal. Na sua parte basal encontra-se a vasa orgânica, um sedimento pelítico com teores variáveis de matéria orgânica e que marca o início do desenvolvimento de uma turfeira sobre um substrato de rochas de origem inorgânica. Nas áreas litorâneas, muitas vezes, as turfeiras se desenvolvem sobre antigos mangues. Com as gerações consecutivas de vegetais se transformando em turfa, ocorre um empilhamento de camadas, cujas propriedades físico-químicas variam em função da composição vegetal, do grau de decomposição alcançado (normalmente aumentando em direção à base) e da participação de matéria inorgânica.

Geneticamente distinguem-se dois tipos de turfeiras: turfeiras baixas e turfeiras altas.

Turfeiras baixas — Turfeiras de pântanos baixos Restritas a ambientes flúvio-lacustres e lagunares, elas se desenvolvem em formas negativas do relevo (turfeiras topógenas), como lagos em fase de assoreamento ou meandros abandonados, geralmente em áreas de subsidência lenta, porém contínua, onde o afluxo regular de água com abundância em nutrientes (ambiente eutrófico) garante o desenvolvimento de uma flora abundante e rica em espécies, desde gramíneas até árvores altas (matas úmidas, igapó).

As turfeiras baixas se destacam pela variação da sua composição vegetal e, principalmente, pelo elevado teor de matéria mineral, devido a inundações regulares por rios ou a enxurradas provenientes das terras altas, vizinhas.

Todas as turfeiras do litoral do Nordeste brasileiro pertencem a essa categoria de Turfeiras baixas.

Turfeiras altas — Turfeiras de pântanos altos Elas se desenvolvem independentemente da topografia local (turfeiras ombrógenas), dentro de um regime hidráulico próprio e autônomo, sendo alimentadas principalmente pelas precipitações; são, por conseguinte, extremamente pobres em nutrientes (ambiente oligotrófico). Por esta razão são constituídas por uma vegetação muito uniforme, predominando

musgos da espécie *Sphagnum*. Resulta numa turfa muito homogênea e extremamente pobre em cinzas, (<5% b.s.), o que a qualifica como matéria-prima principal na produção de turfa energética e turfa agrícola nos países tradicionais na exploração de turfa, permitindo produtos padronizados de grande homogeneidade.

Turfeiras altas não foram encontradas no litoral do Nordeste brasileiro.

ÁGUA – FATOR DETERMINANTE PARA LAVRA E BENEFICIAMENTO DA TURFA

A turfa no estado natural, num depósito virgem e sem cobertura de estéril, tem um teor de água superior a 90%. Esta água está ligada de diversas formas à matéria turfácea, que por si compõe então menos de 10% de um determinado depósito. Isto evidencia a importância fundamental da diminuição da água para que esta matéria-prima se torne um produto comercializável. Também é evidente que esta diminuição deve se efetuar por métodos de baixo custo, aproveitando-se a gravidade para escoar a água livre no depósito, bem como a evaporação através de energias naturais, como insolação e ventilação, para retirar a água com ligações mais fortes. Somente no estágio final da secagem e em circunstâncias especiais, gases de exaustão, por exemplo, podem ser aproveitados para uma secagem adicional.

Quando se trata deubar um depósito de turfa, isto é normalmente efetuado pela determinação do volume. Vale ressaltar que 1 m³ de turfa dentro do depósito, com teor de 95% de água por exemplo, e sob a condição de um peso específico de 1 g/cm³ contém 950 kg de água e 50 kg de massa seca (turfa + cinzas), ou 19 partes de água para 1 parte de massa seca.

Esta água se distribui da seguinte maneira: 12 partes, ou 600 litros, compreendem água livre, com ligação somente mecânica e que segue a gravidade. Esta água pode ser retirada por meio da drenagem do depósito, necessitando-se, para isso, de um desnível suficiente entre a turfeira e a rede regional de drenagem. Caso não exista este desnível, o valor real do depósito está seriamente comprometido.

A drenagem, como parte fundamental para viabilizar uma turfeira, tem, além da retirada de grande quantidade de água, o objetivo de estabilizar o corpo de turfa, de modo que máquinas para a lavra possam operar sobre ele. Por outro lado, a turfa não drenada, quando sujeita a compressões mecânicas, pode apresentar reações pseudotixotrópicas, ocorrendo uma liquefação e sem consolidação imediata posterior, o que compromete ainda mais a estabilidade do depósito.

A drenagem tem também a missão de impedir a realimentação do depósito por via lateral, através da infiltração de água subterrânea e do afluxo dos barrancos.

Os canais de drenagem são executados sempre a partir do leito fluvial mais próximo, subindo no gradiente do desnível, até chegar à turfeira. O sistema interno de drenagem deve ser bem esquematizado, com as trincheiras principais e circunscritas aprofundadas até o substrato mineral, permitindo dessa maneira o escoamento imediato das águas aprisionadas. Cortes finos, de 5 a 10 cm de largura, a pequena distância entre si, aumentam consideravelmente o "sangramento" do depósito. Quando uma drenagem é bem executada, o teor de água é baixado para cerca de 87%, num

prazo de 2 a 4 anos. Esta perda considerável de massa líquida resulta numa compactação e num encolhimento da turfeira, garantindo uma estabilidade que permite a entrada de máquinas leves, exercendo pressão sobre o solo de 90 a 120 g/cm² no processo da extração.

Depois da drenagem completa, a turfa contém ainda 7 partes de água para cada parte de massa seca, compreendendo água capilar, água coloidal e água celular.

Esta água pode ser removida por secagem ao ar livre, e o teor final de água da turfa depende, entre outros fatores, da umidade relativa do ar, com a qual está em equilíbrio. Assim se consegue uma turfa "seca ao ar" com menos de 20% de água.

USO DA TURFA A aplicação comercial da turfa se faz principalmente nestes setores: agricultura; energia; metalurgia, filtros, etc.

Turfa agrícola Está sendo produzida no Hemisfério Norte a partir de turfeiras altas, de uma turfa pouco decomposta e muito homogênea na composição vegetal, contendo principalmente musgos da espécie *Sphagnum* e com teor reduzido de matéria mineral (5%). Turfa agrícola é um produto nobre, que serve como substrato para culturas intensivas do setor hortigranjeiro e de jardinagem, sendo enriquecida sob encomenda com substâncias nutritivas para determinados cultivos. Trata-se de um mercado exigente em termos qualitativos, mas compensador em termos financeiros.

O aproveitamento da turfa brasileira para suprir a grande deficiência dos solos lateritizados em matéria orgânica, por exemplo, no cerrado, deve limitar-se a áreas próximas dos depósitos, devido ao fator custo-transporte, já que matérias-primas de pequeno valor unitário e de peso específico muito baixo não suportam um frete elevado.

O enorme valor que a turfa representa *in situ* para a agricultura nacional é mostrado pelo fato de que boa parte das turfeiras está ocupada por culturas exigentes e que a capacidade da turfa em armazenar água e reter as substâncias nutritivas eleva a produtividade destas plantações de maneira impressionante.

A preparação de um produto nobre para a agricultura, a partir das turfes do litoral do Nordeste brasileiro, por exemplo, um adubo com solubilidade controlada, depende principalmente da qualidade da matéria-prima à disposição.

Turfa energética Como fonte de energia, a turfa está sendo aproveitada em países e regiões onde há deficiência em outros energéticos. Numa concorrência direta, a turfa dificilmente pode disputar com outros combustíveis fósseis, líquidos ou sólidos, ou com lenha, carvão vegetal, etc. O processo de transformar uma massa com mais de 90% de água num produto conformado e quase seco implica um determinado custo. Outros inconvenientes da turfa, além dos custos de transporte que permitem seu uso somente numa distância diminuta do depósito, ocorrem no processo de combustão direta, onde, as cinzas tendem a vitrificar e sinterizar nas grelhas; há também perigo de explosão da poeira durante a moagem e transporte aos silos. Porém, apesar de todos os problemas, a escassez de combustíveis

alternativos está levando ao desenvolvimento de tecnologias próprias em determinados países que já utilizam a turfa para gerar energia elétrica e energia térmica industrial e doméstica.

Os processos mais modernos possibilitam a gaseificação de turfa com até 50% de cinzas b.s., num reator de leito fluidizado, contornando desse modo alguns dos problemas acima citados. Está sendo produzido um gás de baixo a médio poder calorífico utilizado na produção de energia térmica bem como, purificado, na alimentação de unidades descentralizadas de geradores/motores para energia elétrica em lugares isolados. Devido ao seu maior conteúdo energético, prefere-se para este fim a turfa preta, sáprica, altamente decomposta.

Turfa carbonificada Turfas bem decompostas e com baixos teores de cinza (3% b.s.) estão sendo carbonificadas para coque de turfa, um produto cotado para fins de redução, por exemplo, na eletrometalurgia, devido à elevada pureza e à alta reatividade do carbono fixo, superior ao melhor coque produzido a partir de carvão metalúrgico. O coque de turfa está sendo empregado também como matéria-prima na produção de carvão ativado, importante no tratamento de águas poluídas, como em esgotos industriais, devido à sua grande superfície por unidade de volume, o que permite uma filtragem muito mais poderosa.

Na avaliação de uma turfa como matéria-prima para a produção de coque, o teor de cinzas representa um fator decisivo, já que no processo, em virtude da expulsão da matéria volátil, ocorre um enriquecimento desproporcional da matéria estável em relação ao carbono fixo. Isto pode ser visualizado na Tab. 1, onde se mostram um balanço energético e uma quantificação do carbono fixo e das cinzas na turfa e no coque, baseado num exemplo real de uma coquearia de turfa na Alemanha (balanço 1), bem como rendimentos teóricos em coque e carbono fixo de turfas com teores diferentes de cinzas (balanços 2, 3 e 4). Esta tabela pode servir para cálculos de viabilidade para coque produzido a partir de turfa nacional.

TURFA NO LITORAL DO NORDESTE BRASILEIRO

Condições climáticas As pesquisas efetuadas nos últimos anos revelaram a existência de dezenas de turfeiras no litoral dos estados nordestinos. Elas se desenvolveram num clima tropical e subtropical, quente e úmido, com precipitações em torno de 1 500 mm/ano, temperatura média do ar de 24°C e umidade relativa do ar superior a 80%. Enquanto no litoral da Bahia, ao sul de Salvador, não há uma estação seca, nas regiões litorâneas ao norte os meses de setembro a janeiro são caracterizados por precipitações menores, abaixo de 50 mm ao mês, e no Ceará-Mirim/Rio Grande do Norte existe já um clima subtropical, com precipitações anuais em torno de 1 050 mm, e uma estação seca acentuada entre os meses de setembro e dezembro, com precipitações mensais abaixo de 30 mm, e uma evaporação anual de 1 800 mm.

Geologia dos depósitos Trata-se de depósitos do gênero turfeiras baixas, formados no Quaternário, principalmente no Holoceno. Originaram-se em dois ambientes:

- nas várzeas dos baixos cursos dos rios, acompanhando-os como corpos alongados de largura limitada. Essas turfeiras se desenvolveram ocasionalmente sobre antigos manguezais, acusando assim uma certa influência marinha (ambiente parálico) nas camadas inferiores e na vasa orgânica, camada transicional entre o substrato clástico e o depósito de turfa; e
- em baixadas paralelas à linha de costa, separadas entre diversas gerações de dunas fósseis de areia.

As turfeiras pesquisadas, principalmente aquelas de origem fluvio-lacustre, mostram em sua maioria um teor elevado de matéria mineral, de granulometria pelítica, distribuída de forma irregular dentro do depósito.

O teor de enxofre deve ser considerado como médio, com valores em torno de 1,5% em base seca.

Na composição vegetal participam as mais variadas espécies, desde musgos, gramíneas e filicíneas até árvores de mata úmida, representadas por pedaços de madeira (troncos

Tabela 1 – Rendimentos de coque, alcatrão e gás na pirólise seca de turfas com teores diferentes em matéria inorgânica

MATÉRIA-PRIMA: 1000 kg de turfa com 20% água	Turfa com 1 a 2% de c.z. PC = 4 150 kcal/kg	Turfa com 10% de c.z. b.s. PC = 3 820 kcal/kg	Turfa com 20% de c.z. b.s. PC = 3 490 kcal/kg	Turfa com 30% de c.z. b.s. PC = 3 150 kcal/kg
COQUE	300 kg com 3,5% c.z. PC = 7 500 kcal/kg Energia contida: 2,25 Gcal C fixo contido: 275 kg	350 kg com 23% c.z. PC = 5 500 kcal/kg Energia contida: 1,94 Gcal C fixo contido: 250 kg	410 kg com 39% c.z. PC = 4 350 kcal/kg Energia contida: 1,78 Gcal C fixo contido: 225 kg	455 kg com 52% c.z. PC = 3 300 kcal/kg Energia contida: 1,5 Gcal C fixo contido: 196 kg
GÁS	261 kg = 247 m ³ = 247 000 kcal	1 100 000 kcal	1 000 000 kcal	900 000 kcal
ALCATRÃO	106 kg = 954 000 kcal			
SOMA DA ENERGIA DISPONÍVEL PARA O PROCESSO	1 200 000 kcal	1 000 000 kcal	1 000 000 kcal	900 000 kcal

PC = Poder calorífico superior, cz = cinzas, C fixo = carbono fixo, disponível. PC = 4 150 kcal/kg

e raízes) que contribuem para a heterogeneidade do depósito.

Devido ao clima, principalmente, o estado de decomposição sofre rápida alteração, de maneira que turfas pouco decompostas se restringem geralmente a poucos decímetros abaixo da superfície, sendo a maior parte do perfil constituído por turfa altamente decomposta. Como foi detalhada no item "Generalidades", isto não se contradiz com a presença maciça de restos vegetais mais resistentes à decomposição.

Na Bahia e em Sergipe, as turfeiras na sua maioria estão "vivas", em franco desenvolvimento vegetal cobertas por uma lâmina de água e sem cobertura de matéria mineral. Nos estados mais ao norte, as turfeiras em sua maior parte são fósseis, com uma cobertura de até vários metros de clásticos. Isto é válido também para o Maranhão, onde a prospecção inicial já encontrou, no litoral do estuário da Baía de São Marcos, depósitos de porte médio a pequeno. Lá as turfeiras estão situadas em vales extensos, sob forma

de lentes alongadas em direção paralela à calha, a meio caminho entre a calha principal e a margem destas baixadas. As turfas estão contidas numa sequência pouco espessa, de origem fluvio-lacustre e que se desenvolveu sobre as argilas de antigos manguezais.

Reservas geológicas de turfa As turfeiras ocupam áreas de tamanhos diversos, chegando até a 3 500 ha (Fazenda Marobar, na Bahia). Na Tab. 2 foram agrupados alguns parâmetros para caracterizar os onze maiores complexos turfáceos da região. Na Tab. 3 encontram-se dados sobre o potencial de turfa energética. Trata-se, contudo, de reservas geológicas cuja transformação em reservas técnica e economicamente lavráveis exige outros conceitos, propostos no item a seguir. Foi considerado pela companhia executora da pesquisa como turfa energética aquela com um poder calorífico superior na base seca, acima de 3 500 kcal/kg, e com um teor de cinzas b.s. inferior a 35%. A turfa com teor de cinzas superior a 35% está sendo considerada turfa agrícola.

Tabela 2 – As maiores turfeiras do Nordeste brasileiro e suas reservas energéticas

ESTADO – TURFEIRA	VOLUME DE TURFA (x 10 ⁶ m ³)	TURFA b.s. (x 10 ⁶ t)	PODER CALORÍFICO b.s. (cal/g)	CINZAS, b.s. EM PESO %	ESPESSURA MÉDIA DA TURFA (m)	ESPESSURA MÉDIA DO CAPEAMENTO (m)
Rio Grande do Norte						
1. Ceará-Mirim	18,0	2,5	4.360	18	2,0	0,8
2. Trairi-Araraí	4,6	0,7	3.770	29,5	2,4	1,9
3. Punaú-Piranhas	8,9	1,2	4.150	24	1,7	0,3
Paraíba						
4. Rio Tinto	13,4	1,5	4.850	17	1,8	0,5
Pernambuco						
5. Jaboatão-Pratagi	6,3	0,8	3.700	25	3,0	2,1
Alagoas	8,6	1,1	4.260	22,5	2,2	
6. Meirim-Pratagi	8,6	1,1	4.260	22,5	2,2	0,85
7. Lagoa Manguaba	5,9	0,8	4.370	23	1,9	1,0
Bahia						
8. Canavieiras-Belmonte	144,0	16,5	3.500/5.100	9/30	1,4/2,4	0/1,0
9. Baía de Todos os Santos	34,0	3,7	4.800	17	2,6	0,0
10. Caravelas-Nova Viçosa	17,0	1,7	4.800	14	2,0	0,0
11. Conde	10,0	1,0	4.600	29	2,0	0,0

*Os valores desta tabela são todos aproximados e sua apresentação tem a finalidade de mostrar um quadro geral das potencialidades de determinadas turfeiras

Tabela 3 – Reserva de turfa em 6 estados do Nordeste

ESTADO	Turfeiras área em ha	TURFA TOTAL				TURFA ENERGÉTICA**			Energia contida*** 10 ⁶ Gcal
		Volume de turfa: 10 ⁶ m ³	Cinza b.s. de % a %	Enxofre b.s. de % a %	PCS*b.s. kcal/kg de -a-	Volume de turfa: 10 ⁶ m ³	Cinza b.s. de % a %	PCS*b.s. kcal/kg de -a-	
RN	7 100	141	12 – 55	0,9 – 2,3	2 160 – 4 980	42	12 – 29,5	3 635 – 4 980	25,1
PB	2 860	54	18 – 44,5	0,5 – 1,5	2 450 – 4 480	19,5	11 – 25	4 160 – 4 970	12,6
PE	1 960	43	36 – 54	1,7 – 1,8	1 480 – 3 030	14,5	15 – 25	3 700 – 4 350	8
AL	3 100	56	37 – 40	0,8 – 1,6	2 860 – 3 300	19,5	22 – 36	3 570 – 4 370	11,2
SE	440	8	10	?	5 000	8	10	5 000	5,5
BA	11 500	235	9 – 44	?	3 000 – 5 100	204	9 – 30	3 500 – 5 100	126,5
SOMA	27 000	537	9 – 55	0,5 – 2,3	1 500 – 5 100	307	9 – 36	3 500 – 5 100	189

Observações:

* Poder calorífico superior

** Teor de cinzas inferior a 35% e/ou PCS superior a 3 500 kcal/kg b.s.

*** Admitimos, para os cálculos teóricos da energia contida, uma densidade média de turfa b.s. de 0,14 g/cm³

Esta divisão é provisória por dois motivos: primeiro, conhecendo-se o fato de que turfa com até 50% de cinzas b.s. também pode ser gaseificada, constituindo-se assim numa fonte energética; e segundo, tendo-se em conta a falta de uma definição de qualidade para a turfa agrícola nacional.

Classificação das turfeiras segundo sua lavrabilidade Com as reservas geológicas apresentadas no item anterior, surge a preocupação a respeito da lavrabilidade destes depósitos, já que lavra mecanizada de turfa em escala industrial não existe no país. Apresentamos aqui uma classificação que divide os depósitos de turfa em quatro classes, segundo sua lavrabilidade:

- a) Prioridade para a lavra têm as turfeiras com uma espessura de turfa acima de 1,50 m no estado natural, sem capeamento de estéril e que podem ser drenadas profundamente.
- b) Embora também sem capeamento de estéril, são menos apropriados para lavra os depósitos com pequeno gradiente hidráulico, permitindo uma drenagem somente das camadas superiores, e sujeitos a inundações periódicas.
- c) Depósitos com capeamento de até 0,50 m podem constituir uma reserva, caso testes comprovem a possibilidade de drenar e consolidar profundamente turfeiras com capeamento argiloso, e caso este capeamento possa ser removido posteriormente de maneira sistemática, sem se misturar com a turfa.
- d) Não propícias para lavra são turfeiras com espessura de turfa, no estado natural, inferior a 1 m, especialmente quando se trata de turfeiras pobres em substância turfácea por unidade volumétrica, ou cujo teor médio de cinzas b.s. seja superior a 50%, ou cuja cobertura estéril seja superior a 0,50 m.

Um fator de grande relevância para a lavrabilidade de uma turfeira, e que não citamos na classificação acima devido ao seu caráter jurídico, é a disponibilidade ou não para lavra, da área do depósito. Ressalte-se que as terras com turfeiras baixas representam muitas vezes terras férteis e valorizadas e que a lavra da turfa implica um impacto ambiental muito forte, uma transformação radical, como, por exemplo, de uma plantação de cana-de-açúcar para um lago permanente. Fomos informados verbalmente de que a área onde se encontra uma das melhores e maiores turfeiras do Nordeste, a várzea de Ceará-Mirim/RN, simplesmente não está à disposição sequer para uma lavra experimental, devido a objeções dos superficiários.

Métodos apropriados para a lavra A heterogeneidade da turfa do litoral do Nordeste brasileiro deve-se principalmente a três fatores:

FATORES	GRADIENTE DE ALTERAÇÃO
— estado de decomposição	— vertical
— composição vegetal	— vertical e horizontal
— teor de matéria inorgânica	— vertical e horizontal

Já que cada consumidor industrial exige um produto de qualidade homogênea, a escolha do processo de lavra deve considerar as heterogeneidades inerentes à matéria-prima e

garantir uma cominuição otimizada desta; durante todo o tempo da extração. Por esta razão, o método escolhido deve compreender a escavação do perfil como um todo, todas as camadas de turfa fibrosa, semidecomposta e preta, gelatinosa, ao mesmo tempo.

O método de raspagem da turfa (*milled peat*), que corta camadas finas a partir da superfície, não é apropriado para os depósitos da região, uma vez que exige turfa fibrosa, pouco decomposta, em áreas muito extensas para garantir uma produção de peso. Também não se recomenda o uso de dragas superdimensionadas, com caçambas movidas a corrente e braço de 50 m de comprimento para colocar a turfa cominuída e conformada no campo de secagem. Isto, devido ao custo de investimento desproporcionalmente alto, bem como à pouca flexibilidade do sistema, que exige blocos de lavra muito grandes e uniformes para garantir sua viabilidade econômica.

A procura de um método para lavar turfa por meio de máquinas leves e versáteis leva a um processo que atualmente ganha espaço nos países tradicionais produtores de turfa, produzindo tarugos (*sod peat*) mediante cortadeira.

Num depósito drenado e com superfície desmatada e planada, uma cortadeira (um disco ou uma corrente com canecas agrupadas), acoplada a um trator sobre esteiras de borracha revestidas de estrias, desloca-se com uma velocidade de 1 a 2 km/h sobre o depósito, retirando o perfil completo das diversas camadas, numa profundidade de até 2 m e em cortes de 5 a 10 cm de largura. Depois de cominuída numa rosca helicoidal, a turfa irá sendo extraída e colocada no campo sob forma de cordões, redondos ou retangulares em número variável. A secagem inicial causa o encolhimento e, em consequência, a ruptura do produto extrudado em pedaços de 20 a 30 cm. Estes tarugos conseguem em poucos dias bastante estabilidade para que sejam revirados repetidamente, garantindo uma secagem homogênea, até chegar a uma umidade residual de 20/30%, suficiente para a comercialização. Finalmente serão amontoados em grandes leiras nas margens dos campos de secagem, para o embarque posterior. Este processo pode ser inteiramente mecanizado, com máquinas simples, robustas e de fácil manuseio, por exemplo, mediante uso de uma colheitadeira de batatas. Em caso da disponibilidade de mão-de-obra barata, recomenda-se a execução manual dos serviços de revolvimento, estocagem e embarque.

A produção de turfa conformada, em vez de turfa solta, é recomendável para os depósitos do litoral do Nordeste, principalmente porque:

- A insolação direta e forte atuando sobre a matéria turfácea causa uma desagregação excessiva das partículas, produzindo uma grande quantidade de finos e ultrafinos (poeira). Isto resulta em grandes perdas pela ação do vento e das chuvas torrenciais. Além de constituir uma agressão ao ambiente, esta poeira representa um perigo constante de combustão instantânea.
- A elevada superfície dos tarugos acelera a secagem e aumenta dessa forma a produção por tempo.

Estamos prevendo, contudo, dificuldades em satisfazer as exigências quanto a países tradicionais produtores de turfa, principalmente devido a dois fatores:

- a maioria das turfeiras pesquisadas é de difícil drenagem, devido a um gradiente hidráulico mínimo e, em parte, até negativo; e
- a existência de capeamento de sedimentos pelíticos sobre as turfas fósseis.

Adotando os critérios rígidos a respeito da viabilidade de uma turfeira (vide item anterior), ou temos de aceitar uma diminuição substancial das reservas, chegando até a inviabilidade total de muitos depósitos, ou temos de pensar em métodos de lavra não convencionais. Surge aqui o *método hidroturfa*, atualmente em uso no Canadá. O processo desenvolvido para a lavra de turfas pouco decompostas, e sem condições de serem drenadas, consiste na sucção da massa turfácea a partir de um pontão flutuante, com posterior peneiramento e secagem. Resulta uma turfa agrícola, uma turfa fibrosa, onde as partes coloidais e na forma de gel da matéria-prima, que constituem os detentores principais do poder calorífico, voltam como suspensão na água para a turfeira, sem possibilidade de ser retidas. Por esta razão, consideramos este método como não viável para produzir turfa energética a partir dos depósitos do litoral do Nordeste brasileiro.

Fomos informados de que o método hidroturfa na Rússia, depois de muitos anos de experiências, não resultou num processo viável, tendo sido abandonado.

Apresentamos aqui um processo de lavra em uso nas turfeiras trabalhadas pela empresa alemã Deilmann/Bentheim; ele se distingue por sua simplicidade e pelo uso de máquinas não específicas, podendo ser adaptado, ao nosso ver, às condições das turfeiras drenáveis só parcialmente na região em discussão. Esta turfa condicionada em leiras independentes de sua qualidade ou do grau de decomposição, exigindo somente uma preparação mínima da jazida no sentido de drenagem e aplainamento.

Escava-se uma trincheira inicial como futura frente de trabalho, numa profundidade que depende da espessura de turfa a lavar. Esta trincheira, ligada a um curso de água, serve como principal canal de drenagem. Quando o nível freático tiver baixado uns 50 cm, o que deve acontecer em poucos meses, começa a retirada da turfa por meio de uma escavadeira ou draga qualquer, empilhando-a numa leira paralela à trincheira. Conforme as condições do tempo, estas leiras serão revolvidas e removidas por um *scraper* a cada 3/5 dias, no sentido paralelo, afastando-se cada vez mais da trincheira de produção. Então, o quadro de uma turfeira em produção é formado por uma trincheira e várias leiras paralelas a ela, com uma gradativa diminuição do teor de umidade da turfa.

Esquema de lavra e secagem proposto:

Este método permite a produção contínua de uma turfa com umidade reduzida para 40/50%, nas condições climáticas da área em apreço, num prazo de 15 a 20 dias e não mais de 5 a 6 revolvimentos. A secagem ocorre de maneira equilibrada, já que as partes externas de uma leira passam a constituir a parte interna da próxima leira, devido ao revolvimento. Uma secagem excessiva de partes do material turfáceo não é recomendável, devido ao fato de que as partes coloidais passam a ser, de maneira irreversível, xerogels. Isto não é desejável neste primeiro estágio de secagem, já que proporcionaria a formação de crostas, dificultando uma homogeneização e conformação posterior. Esta turfa não conformada tem as seguintes opções para ser beneficiada:

- A turfa será submetida à secagem ao ar livre até chegar a uma umidade em torno de 30% podendo ser comercializada dessa forma, embora apresente as desvantagens acima citadas, como perdas elevadas com finos/ultrafinos durante manuseio e transporte, agressão ao meio ambiente e perigo de combustão espontânea.
- A turfa com 40/50% de umidade será submetida a uma homogeneização e subsequente conformação, através de extrusão, briquetagem ou pelletização. A turfa conformada passa por uma secagem ao ar livre* até atingir estabilidade para suportar manipulação e transporte sem se desagregar. Em depósitos onde o ar pode circular livremente, a turfa conformada consegue, num espaço de poucas semanas, uma redução da umidade para menos de 20%, ficando assim resistente à pressão e fricção.

Para diminuir perdas através da desintegração dos tarugos, que é resultado de tensões internas e começa com rachaduras na casca, devem-se considerar estes três pontos principais:

- menor diâmetro possível do produto;
- melhor homogeneização possível;
- secagem pelo vento e não pela insolação direta.

Consumo potencial da turfa energética Considerando o tamanho das jazidas, a qualidade da matéria-prima e as condições deposicionais nas áreas pesquisadas entre Rio Grande do Norte e o Centro-sul da Bahia, chegamos à seguinte conclusão:

O litoral nordeste brasileiro, numa extensão de mais de 1 000 km norte-sul, dispõe de menos de 100 turfeiras, das quais 10 de grande porte, isto é, acima de 1 000 ha cada uma. A qualidade da turfa como energético, considerando-se principalmente o poder calorífico, passa de medíocre a boa. As condições de lavra são parcialmente difíceis. Existe

* Em princípio, somos contrários a processos de secagem artificial, que trabalham na base de uma turfa com elevado teor de água (> 60%), sejam eles térmicos (secagem por vapor, gases, etc.) ou mecânicos (extrusão, por exemplo). Isto porque implicam gastos de energia para um processo que deve ser direcionado para as condições climáticas do litoral nordeste brasileiro, aproveitando-se ao máximo a energia solar. Consideramos plausível uma secagem artificial da turfa somente quando o produto já está sob um teor reduzido de água (< 30/35%) e a energia estiver sobrando no próprio processo, como da coqueificação ou gaseificação.

a possibilidade técnica do seu emprego em escala local e regional na geração de energia de processos (energia térmica) em indústrias como olarias, fábricas têxteis, fábricas de beneficiamento e conversão de produtos agrícolas, e outras. Também pode ser aproveitada em pequenas unidades descentralizadas de geração de energia elétrica em lugares afastados da rede regional de abastecimento. Nestas condições, a turfa energética seria um substituto de energéticos como óleo combustível, gás liquefeito, lenha e carvão vegetal, principalmente.

Devido às reservas limitadas, não há condições para alimentar termoeletricas de porte.

As especificações de qualidade dos produtos de turfa a serem comercializados dependem em boa parte das exigências do mercado. A nosso ver, há estas opções para o consumo da turfa do Nordeste:

- a) *Turfa conformada* (extrudada, peletizada ou briquetada), com teores de até 20% de umidade e até 30% de cinzas, b.s.:

Processo: queima direta, substituindo lenha e carvão vegetal.

Consumidores: indústrias pequenas e médias, com sistemas simples de combustão (grelha fixa).

Problema: combustão contínua sendo dificultada devido à sinterização e vitrificação das cinzas.

- b) *Turfa não conformada, com teores de até 20% de umidade e de até 30% de cinzas, b.s.:*

Processo: britagem; secagem adicional por gases quentes de exaustão; moagem ultrafina; injeção lateral no forno rotativo, substituindo óleo combustível, carvão vegetal ou mineral.

Consumidores: indústria de cimento.

Problemas: moagem (perigo de explosão, gasto de equipamento) e injeção.

- c) *Turfa não conformada, com teores de até 20% de umidade e de até 50% de cinzas, b.s.:*

Processo: britagem; secagem adicional pelo sistema "contra-corrente", por gases quentes de exaustão; gaseificação em reatores do sistema fluidizado. O gás de baixo/médio poder calorífico substitui óleo combustível ou gás liquefeito, sem troca de caldeira. O gaseificador pode ser adaptado facilmente para outros combustíveis, por exemplo, biomassas diversas. **Consumidores:** indústrias de porte, que exigem uma fonte de energia para uso contínuo sem causar problemas na queima.

Este gás, quando purificado, pode alimentar unidades de geradores de energia elétrica, descentralizadas, em áreas sem atendimento da rede regional.

- d) *Turfa peletizada ou extrudada, com teores de umidade de até 20% e de cinzas de até 5/10% b.s.:*

Processo: coqueificação através de uma pirólise seca, por aquecimento indireto. A combustão das matérias voláteis (alcatrões, etc.), liberadas durante o processo, gera energia suficiente para dispensar energia alheia na manutenção do processo.

Consumidores: eletrometalurgia, carvão ativado. O enobrecimento, conseguido sob forma de alta concentração de carbono fixo por unidade volumétrica e densimétrica, viabiliza transporte a distâncias maiores.

Problemas: o fato de as cinzas se acumularem desproporcionalmente no coque, diminuindo o carbono fixo e,

com isto, o poder calorífico do produto, inviabiliza este processo para uma turfa com teor de cinzas de 10/15% b.s. (vide Tab.1).

A viabilidade econômica da turfa energética A viabilidade econômica da turfa como energético depende, fundamentalmente, da disponibilidade ou não de outros combustíveis e, só em segundo lugar, dos seus preços, devido ao fato de que a turfa é uma matéria-prima cuja lavra, beneficiamento, transporte e uso apresentam certas inconveniências. A turfa não é um energético "cômodo" ou "fácil", como o óleo combustível ou gás natural. Também em relação à lenha e ao carvão vegetal, a turfa e seus produtos levam *a priori* uma desvantagem, uma vez que os primeiros dispensam uma lavra dispendiosa, bem como uma conformação qualquer, e, ainda, quase não contêm matéria mineral.

A baixa densidade da turfa na base seca, variando entre 100 a 150 kg/m³ para turfa com baixo teor de cinzas, resulta num custo elevado de transporte para uma matéria-prima de baixo valor unitário. A viabilidade da turfa não enobrecida, não transformada em coque, dependendo do meio de transporte usado, fica restrita na sua utilização a um raio de dezenas ou poucas centenas de quilômetros.

Por outro lado, novas tecnologias experimentais em escala industrial, como, por exemplo, gaseificação, permitem o seu uso também em instalações que exigem um combustível qualificado, em fluxo contínuo, e que superam as variações de qualidade inerentes à maioria dos depósitos.

As desvantagens da turfa parecem compensadas, em parte, no caso do:

- **petróleo e seus derivados:** diretrizes governamentais obrigam os consumidores industriais a substituí-los por fontes alternativas;
- **carvão mineral:** a grande distância (2 000 km) e a má qualidade do carvão energético produzido nos estados do Sul determinaram o Conselho Nacional de Petróleo a restringir a sua comercialização subvencionada até o paralelo 20;
- **lenha e carvão de madeira:** ocorre cada vez mais na região uma escassez do produto, de tal forma que está sendo transportado de distâncias cada vez maiores, resultando em elevados custos de frete.

Considerando-se este quadro, restam concorrentes principais da turfa os seguintes energéticos:

- **biomassas em geral,** como bagaço de cana, casca de arroz, de coco e babaçu, serragem etc. Trata-se de energéticos com disponibilidade local, cuja influência sobre a viabilidade da turfa deve ser avaliada caso por caso;
- **energia elétrica** como fonte de energia de processos (eletrotermia) depende principalmente da concessão de tarifas especiais;
- **gás natural:** a existência comprovada de reservas de gás natural no litoral do Rio Grande do Norte e os planos a respeito de um gasoduto com 400 km de extensão até Recife ("Nordestão"), com extensões para consumidores interessados, noticiado na imprensa, bem como a recente descoberta de gás natural no nordeste de Alagoas, devem ser devidamente consideradas num estudo sobre a viabilidade econômica da turfa.

Resumidamente, consideramos a turfa do litoral nordeste brasileiro como uma opção energética para as indústrias da região, de porte médio a pequeno — opção que ganha

importância à medida que aumenta a escassez de outros combustíveis.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CALDASSO, A.L. et al. — 1981 — *Projeto Turfa do Nordeste Oriental — Etapa I*. Recife, DNPM/CPRM (Relatório Final, 3 v.).
- CUNHA LIMA, R.C. et al. — 1982 — *Projeto Turfa na Faixa Costeira Bahia-Sergipe*. Salvador, DNPM/CPRM (Relatório integrado, 2 v.).
- CUNHA LIMA, R.C. et al. — 1983 — *Projeto Turfa na Faixa Costeira Bahia-Sergipe*. Salvador, DNPM/CPRM (Relatório Final, 3ª Fase, 2 v.).
- GRUMPELLT, H. — 1983 — *Estudo e avaliação sobre as possibilidades de uma lavra sistemática de turfa nas turfeiras do Nordeste brasileiro e a obtenção de subprodutos para combustão, gaseificação e coqueificação*. Brasília, DNPM, 146 p. (Relatório interno).

- LENZ, G.R. — 1982 — *A turfa energética do litoral nordeste brasileiro*. Brasília, DNPM, 10 p. (Relatório interno).
- SUSZCZYNSKI, E.F. — 1982 — Turfa — o novo combustível nacional. São Paulo, *Energia*, IV(20):6-61.
- RAMOS, B.W. & LIMA FILHO, C.A. — 1982 — Turfa — solução energética para o Nordeste? In: CONGR. BRAS. GEOL., 32, Salvador, 1982. *Anais...* Salvador, SBG. v. 5, p. 2178-2185.

MANUSCRITO

Recebido em 21 de maio de 1984

Revisão aceita em 26 de setembro de 1984

“... empregando qualquer definição razoável da palavra cientista, podemos dizer que estão vivos, atualmente, 80 a 90 por cento de todos os cientistas que já existiram. Alternativamente, qualquer cientista jovem que esteja atualmente se iniciando, ao olhar para trás, ao final de sua carreira, após um período de tempo de duração normal, constatará que 80 a 90 por cento do progresso científico se processou diante de seus olhos, e que apenas 10 a 20 por cento desse progresso o antecedeu.”

D.L. de Solla Price, O Desenvolvimento da Ciência, 1976.