

REVISTA ENERGETICA

27

Septiembre - Octubre/82
September - October/82



Organización Latinoamericana de Energía
Latin American Energy Organization

EL DESARROLLO DEL POTENCIAL HIDROELECTRICO DEL RIO CARONI
DEVELOPING THE HYDROELECTRIC POTENTIAL OF THE CARONI RIVER
CARBON, LIGNITO Y TURBA EN BRASIL **olade** COAL, LIGNITE AND PEAT IN BRAZIL
olade CUENCA SEDIMENTARIAS Y POTENCIAL PETROLERO EN GUATEMALA
olade SEDIMENTARY BASINS AND THE OIL POTENTIAL OF GUATEMALA **olade**
MOLINOS DE VIENTO PARA BOMBEO DE AGUA **olade** WINDMILLS FOR PUMPING
WATER

olade
olade

CARBON, LIGNITO Y TURBA EN EL BRASIL

Dirección Técnica
Compañía Auxiliar de
Empresas Eléctricas Brasileñas
(CAEEB)

Resumen de la Situación del Carbón en Brasil

El programa brasileño del Carbón Energético es parte del modelo energético brasileño y tiene como objetivo la producción de 16,800,000 toneladas a partir de 1985. El programa fue establecido para el periodo de 1979 a 1985 por el gobierno del General Figuereido.

La responsabilidad y realización del programa de carbón es del Ministerio de Minas y Energía, cuyo Ministro es el Senador César Cals de Oliveira. Básicamente, la meta de producir 16,800,000 toneladas al año fue establecido para sustituir los derivados de petróleo importado (o combustible mineral), equivalente a 110,000 barriles de petróleo por día.

Las reservas de carbón brasileño están situadas en el Sur del país y se estiman en 23 mil millones de toneladas.

Se precisan producir 6,290,000 toneladas de carbón energético en 1982.

Teniendo en vista las dificultades para implantar este programa alternativo de energía, el gobierno brasileño estableció una serie de políticas de incentivos a la producción y al consumo de carbón mineral que se puede resumir en la forma siguiente:

1. La producción de nuevos proyectos de minas recibe 80 o/o de financiamiento con tasa

de interés fija de 5 o/o al año y un límite de corrección inflacionaria hasta del 50 o/o y un plazo de amortización de 12 años con 4 años de gracia.

2. La producción de carbón es adquirida por la Empresa CAEEB del Ministerio de Minas y Energía, que realizará la distribución a los consumidores asegurando al productor la venta de los productos y al usuario la garantía del suministro.

3. Un sistema de precios que asegura al productor el costo real más una ganancia y venta al usuario a un precio 30 o/o inferior al equivalente del derivado del petróleo.

4. Para asegurar la producción y utilización de carbón, el gobierno establece protocolos entre el Ministerio de Minas y Energía productor, y el Ministerio de Industria y Comercio consumidor del aceite combustible, la industria del cemento, la industria siderúrgica, la de la celulosa y papel, quienes reciben financiamiento para sustituir la quema de petróleo por carbón.

5. Además de los protocolos internos, el Ministerio de Minas y Energía, establece protocolos internacionales que permitan la absorción de nuevos procesos, financiamientos especiales, formación y entrenamiento de personal.

6. Es firme propósito del Ministerio de Minas y Energía cultivar e intercambiar la información tecnológica y formación de personal con

otros países latinoamericanos directamente y por intermedio de OLADE.

Legislación Vigente

Los depósitos, minas y demás recursos minerales y potenciales hidroenergéticos disponibles para su explotación o aprovechamiento industrial, no constituyen propiedad individual. Sin embargo, al propietario se le asegura una participación en los resultados de la explotación y una décima parte del impuesto sobre minerales (Constitución del Brasil).

Las investigaciones geológicas de cualquier mineral brasileño deben ser enmarcadas dentro de las disposiciones del Código de Minería.

La autorización de las investigaciones minerales sólo puede ser otorgada a una persona brasileña, natural o jurídica, o a una empresa minera ya constituida en Brasil, mediante la expresa autorización del Ministerio de Minas y Energía luego de haberse realizado un proceso de examen e informes realizado por el Departamento Nacional de Producción Mineral (DNPM).

Solicitado y obtenido un permiso de investigación, el interesado dispone de un plazo de tres años, prorrogables, para presentar un informe sobre la investigación realizada, inclusive cuando el interesado es la Empresa Gubernamental de Pesquisas de Recursos Minerales (CPRM).

La autorización para el trabajo sólo se conoce a personas jurídicas. Una vez aprobado el informe de la investigación, el interesado dispone del plazo de 1 año para presentar los siguientes documentos al DNPM:

- a) un plan de trabajo y
- b) pruebas de la constitución de una empresa minera, si fuera del caso.

Pasado el plazo de 1 año sin haberse atendido los requisitos arriba mencionados, el interesado pierde su derecho a la concesión de trabajo, la cual puede ser solicitada por otros interesados.

Asimismo, cuando el Gobierno (CPRM) realiza una investigación detallada de un depósito, no tiene derecho al trabajo, otra parte interesada en obtener la autorización de mismo trabajo puede reembolsarle por los gastos incurridos por la investigación.

Respecto a la programación de investigaciones concedidas a DNPM-CPRM por el Gobierno, los recursos financieros se consideran fondos perdidos, sin posibilidad de reembolso futuro.

Para las investigaciones y trabajos relativos al carbón mineral, el Gobierno, a través del Ministerio de Minas y Energía (MME) o de la Secretaría de Planificación (SEPLAN), concede financiamiento del Plan de Movilización Energética de acuerdo con las siguientes condiciones:

Valor	80 o/o de la inversión
Corrección monetaria	50 o/o de la variación de la ORTN*
Intereses	5 o/o anuales
Período de gracia	4 años
Amortización	8 años, después del período de gracia

* Obligaciones Reajustables del Tesoro Nacional

CARBON

1. Reservas: definiciones

Lecho de carbón: estrato que contiene un espesor total de carbón mayor de 1 centímetro hasta 19 centímetros.

Veta de carbón (veta total): conjunto de lechos

de carbón, que contiene intercalaciones estériles, con 20 centímetros, por lo menos, de espesor de carbón, correspondientes al 40 o/o, aproximadamente, del carbón contenido en la veta, con relación al espesor total.

Banco de carbón: estrato de carbón con más de 20 centímetros de carbón y pocas intercalaciones estériles dentro de la veta.

Carbón en la veta: suma de los espesores de las diversas intercalaciones de carbón, lechos y bancos contenidos en la veta.

2. Criterios y evaluaciones

El espesor mínimo de carbón económicamente explotable depende del costo de producción (el cual es variable como función de los métodos mineros, el tamaño de la mina, las condiciones del techo, la estructura y profundidad del yacimiento, la perspectiva minera de capas económicas superpuestas, el proceso de enriquecimiento y la recuperación de fracciones utilizables con relación al carbón bruto), así como de los valores de las fracciones y comerciales que se obtengan.

El cambio del espesor mínimo hacia un valor menor, en función de la crisis energética, obviamente ampliará las reservas.

Tomando en consideración la experiencia actual del Brasil en cuanto al trabajo en las minas operativas, el espesor generalmente adoptado en el país varía de 0,50 a 1,0 metro de carbón en la veta.

La delimitación de zonas para calcular las tres clases de reservas (medidas, indicadas e inferidas), se basa en los límites adoptados por la United States Geological Survey (USGS), con millas convertidas en metros y algunas pequeñas aproximaciones.

Reservas medidas: son aquellas reservas continuas a los hoyos sondeados, en un radio de 400 metros y un área de 0,50 km². Las fajas estrechas entre círculos de influencia de los hoyos positivos son incluidas como zonas de reservas medidas, siempre y cuando los centros de las fajas no queden a una distancia mayor de 600 metros de cualquier de los hoyos.

Nota: la faja que esté a más de 600 metros de cualquier hoyo constituirá una zona de reservas indicadas.

Reservas indicadas: son aquellas reservas de las zonas fuera de las reservas medidas, que se encuentran en un radio de 1.200 metros, correspondientes a una corona circular de 4,02 km². Así, como en el caso anterior, se incluyen en las reservas indicadas las estrechas fajas entre hoyos positivos, debido a que el centro de ellas no se encuentra a una distancia de más de 1.500 metros de cualquier hoyo.

Reservas inferidas: son aquellas reservas situadas dentro de la zona de las reservas indicadas, además con el espesor del carbón en la capa superior al mínimo establecido, hasta a una distancia máxima de 4.800 metros de los hoyos.

Las reservas, anteriormente definidas, deben considerarse reservas geológicas *in situ* y no confundirse con las reservas recuperables del yacimiento, las cuales son sólo una parte del total debido a pérdidas provocadas por los procesos de minería y de enriquecimiento, problemas geológicos locales como fallas, intrusiones diabásicas, inviabilidad del trabajo de 2 capas o más superpuestas, entre otras.

La reserva (medida, indicada o inferida) del carbón que yace entre curvas isopacas. Se obtiene de multiplicar la zona entre isopacas, por el espesor medio y el peso específico del carbón flotado.

La suma de los valores correspondientes entre isopacas arroja la reserva global.

Por medio de la planimetría, se determinan las zonas entre curvas isopacas contiguas, y los espesores medios correspondientes.

El peso específico del carbón se determina a través del carbón contenido en los testigos sacados de los sondeos y flotados en un medio denso (densidad del corte: 1,85).

Para el lignito y la turba los criterios y cálculos son aproximadamente los mismos que para el carbón, pudiendo existir un detalle mayor con relación a la turba.

3. Reservas: características

Las principales reservas de carbón en el Brasil, hasta hoy conocidas, están ubicadas en la parte sur del país, en la frontera occidental de la Cuenca Sedimentaria de Paraná, cubriendo los estados de Paraná, Santa Catarina y Rio Grande do Sul.

En el Estado de Rio Grande do Sul, la presencia de carbón se da en forma de cuencas, siendo las principales de ellas:

Candiota, Irui, Leao-Butiá, Charqueadas, y Gravataí-Morungava

El carbón de Rio Grande do Sul generalmente es del tipo energético o vapor, mientras que los yacimientos de carbón de la región Gravataí-Morungava presentan fracciones de carbón metalúrgico destinado a la producción de coque siderúrgico o a la fundición.

En el Estado de Santa Catarina, los depósitos de carbón están situados dentro de una faja de 20 kilómetros de largo (este-oeste) y 100 kilómetros de ancho (norte-sur), entre la Serra do Mar y la Serra Geral.

Existen vetas de carbón en 10 sitios de la Formación Bonito pero solamente 3 de ellas son económicamente explotables.

- Barro Branco
- Itaipú
- Bonito

La veta de carbón de Barro Branco presenta una buena continuidad y de ella se extrae carbón bruto que es sometido a un pre-enriquecimiento, resultando así en un producto denominado carbón pre-lavado (CPL). De este proceso se deriva una

RESERVAS DE CARBON 10⁶ toneladas

ESTADO	MEDIDAS	INDICADAS	INFERIDAS	GLOBALES
Paraná	32,04	57,74	5,00	94,78
Santa Catarina	369,31	859,07	712,86	1.941,24
Rio Grande do Sul	1.796,41	3.579,06	15.392,53	20.768,00
Total	2.197,76	4.495,87	16.110,39	22.804,02

fracción metalúrgica (30 o/o) con el 16,5 o/o de ceniza, destinada a la producción de coque siderúrgico, en mezclas con carbones importados.

Las otras fracciones, con un contenido más alto de ceniza, se utilizan en plantas termoeléctricas y en la producción de cemento.

La veta de carbón de Irapuá es discontinua pero su composición se asemeja a la veta de carbón de Barro Branco.

La veta de carbón de Bonito, con una magnitud de reservas iguales a la de Barro Branco, cerca de 800 millones de toneladas, presenta una reducida fracción metalúrgica.

En el Estado de Paraná, parte de las reservas de carbón, están asociadas con uranio. Una tecnología especial, ya desarrollada, está siendo aplicada en aquellas reservas para aprovechar los dos recursos minerales, e inclusive el molibdeno como subproducto.

LIGNITO

La única área detectada con recursos de lignito en cantidades significativas, del orden de 36,4 billones de toneladas, fue la de Alto del Río Solimoes, en el Estado de Amazonas. Esta zona potencial cubre aproximadamente 90 km². Un levantamiento detallado realizado en la región de Benjamín Constant, parte de la zona de Alto del Río Solimoes, con perforaciones en redes de 2 por 2 km., condujo a estimar una reserva de unos 35,5 millones de toneladas de lignito.

Otras reservas detectadas son:

SITIO	ESTADO	TOTAL	EXPLOTABLES
Hacienda Gandela	Minas Gerais	2.800.000	1.700.000
Cacapava	Sao Paulo	152.000	--

Se ha verificado la presencia de lignito en los Estados de Paraná, Amapá, Maranhao, Pernambuco, Bahía y Río de Janeiro.

TURBA

Los trabajos de prospección de turba se están desarrollando en los Estados de São Paulo (región del Valle de Paraíba), Río de Janeiro (cuenca de Campos), Espírito Santo (Valle del Río Dulce) y en toda la faja litoral, desde el sur del Estado de Bahía hasta el Estado del Río Grande do Norte.

Las reservas estimadas hasta la fecha en las regiones arriba mencionadas son enumeradas en el cuadro a continuación:

REGION	ESTADO	RESERVAS ESTIMADAS	
		TOTAL 10 ⁶ ton.	PROFUNDIDAD m
Vale Paraíba do Sul	São Paulo	680,0	--
Vale Río Doce	Espírito Santo	500,0	--
Bacia de Campos	Río de Janeiro	60,0	--
Litoral Base	Bahía-Sergipe	1.310,0	--
Litoral Noreste	AL-PE-PB-RN	291,7	1m
TOTAL		2.941,7	--

Se reconoce que de las reservas del Vale de Paraíba del Sur (Río de Janeiro) el 20 o/o son de turba energética (PC 3.500 Kcal/kg).

Para las zonas de turba del litoral Bahía-Sergipe y el litoral nororiental, se estima que existe un 30 o/o de turba energética.

Investigaciones Geológicas

1. Ejecutores

En términos amplios, las investigaciones geológicas realizadas en nuevas áreas potenciales para los recursos de carbón, lignito y turba, se están llevando a cabo a través de DNPM-CPRM,

siendo el primero el órgano programador contratante y el segundo la empresa ejecutora del programa.

La CPRM también realiza investigaciones por su propia cuenta en áreas concesionarias solicitadas por ella.

Con miras a agilizar la apertura de nuevas minas y para atender las metas de producción de carbón establecidas por el Ministerio de Minas y Energía, el DNPM, a través de la CPRM, viene ejecutando un intenso programa de investigaciones detalladas, a fin de proveer a las empresas mineras los subsidios necesarios para ampliar el proyecto de extracción en las minas existentes o en otras por abrir.

Además, la CPRM está desarrollando programas de investigación detallada en sus áreas concesionarias, con el objeto de conocer geológicamente los yacimientos y después colocar en licitación los datos necesarios para el trabajo del proyecto por parte de empresas privadas.

Para la ejecución del programa del DNPM, o sea, sus investigaciones propias, la CPRM puede contratar los servicios de empresas privadas que trabajen en los campos de investigación o perforación.

La capacidad brasileña de perforación, incluyendo la de la CPRM y la de las empresas privadas, es de 230.000 metros por año, pero debido a la limitada disponibilidad de recursos financieros para ejecutar un programa de investigación más amplio, los sondeos han llegado solamente a unos 130,000 metros por año. Por esta razón, existe interés en exportar los servicios de sondeo para investigaciones geológicas, en una magnitud de aproximadamente 100,000 metros por año y para estos efectos ya se han hecho gestiones en este

sentido con los gobiernos de Mozambique, Paraguay y otros.

2. Programas realizados

De 1970 a 1981 se ejecutaron, dentro del convenio DNPM-CPRM, 274,334,30 metros de sondeos, representando 1.426 hoyos y cubriendo, parcialmente, las cuencas de Paraná, Amazonas (Alto Solimoes) Parnaiba (Maranhao y Piauí), Reconcavo (Bahía) y el Vale de Pmenta Bueno (Rondonía).

En la región del Río Fresco, Pará, fue posible conocer los recursos carbonosos, del orden de los 4 billones de toneladas. En el Alto Amazonas se definieron recursos de lignito del orden de $36,4 \times 10^9$ toneladas. En la Cuenca de Paraná, donde hubo la mayor concentración de esfuerzos, las reservas geológicas posibles sobrepasaron de $2,7 \times 10^9$ a $22,8 \times 10^9$ toneladas.

En la faja costeña del Noroeste, los trabajos preliminares detectaron recursos razonables de turba.

En las cuencas de Reconcavo y de Parnaiba, los resultados obtenidos para el carbón fueron desalentadores.

3. Programas futuros

La programación de los próximos años tiene los siguientes objetivos:

- a) Transformar las reservas indicadas e inferidas en reservas medidas.
- b) Continuar los trabajos de prospección en zonas potenciales de carbón, lignito y turba, a fin de determinar las fuentes energéticas alternas disponibles para el uso regional.

c) Desarrollar nuevos métodos de investigación, con miras a elaborar parámetros que definen los depósitos y a obtener resultados con una inversión menor.

d) Desarrollar estudios sobre la realización del trabajo, la recuperación y enriquecimiento del carbón, de tal manera que no se vea afectado el medio ambiente.

Tipos de Depósitos

En el Estado de Santa Catarina, las minas de carbón operativas alcanzan una profundidad hasta de 150 metros, referida a la veta de carbón de Barro Branco. La veta de carbón de Bonito es subyacente a Barro Branco, generalmente a unos 50 metros.

Los depósitos de carbón son bastante limitados para la minería a cielo abierto en Santa Catarina.

En el Estado de Río Grande do Sul, la mina más profunda es la de Charqueadas (Pozo Otávio Reis), propiedad de la COPELMI. Alcanza una profundidad de 300 metros.

El depósito de carbón de la región Gravatí-Moringava tiene una profundidad variable, permitiendo, en el futuro, procesos mineros incluyendo desde cielo abierto, con profundidades hasta de 600 y 800 metros.

Los principales yacimientos de carbón que permitan minería a cielo abierto están en Río Grande do Sul. En Candiota, de los 8 billones de toneladas de reserva, 3 billones podrán ser extraídos a cielo abierto, considerando una cobertura de hasta 30-40 metros.

La reserva explotable a cielo abierto aumenta.

Para los equipos que posibilitan la minería

a una mayor profundidad, como a 50, 100 ó 120 metros.

Otros depósitos carboníferos adecuados para la minería a cielo abierto, en el Estado de Río Grande del Sur, son: Irui, Faxinal, Recreio.

Las minas actualmente activas pueden discriminarse por Estado y según el proceso de minería:

ESTADO	A CIELO ABIERTO	SUBTERRANEA
Paraná	—	3
Santa Catarina	7	26
Río Grande do Sul	3	2
Total	10	31

Etapas y Métodos de Investigación

1. Zonas con evidencia de presencia de yacimientos

- a) Compilación bibliográfica (libros, fotos, etc.)
- b) Mapas geológicos
- c) Foto-interpretación adicional,
- d) Chequeos rápidos de campo.

2. Zonas sin evidencia de presencia de yacimientos

- a) Mapas preliminares (escala de 1: 50.000 y 1:25.000), basado en fotos aéreas, reconocimientos geológicos de campo. Ejecución de secciones geológicas a lo largo de la zona baja estudio.
- b) Determinación de límites de la roca gondwana.
- c) Determinación de cuerpos diabásicos (silllos, diques)

- d) Apertura de trincheras, pozos y hoyos con barrena
- e) Preparación de mapas de las facies (ambiente de depósitos de esquistos).
- f) Mapa o carta geológica.

3. Investigaciones geofísicas

Se utilizan en las zonas de sedimentación reciente, planicies aluviales o regiones muy secas y planas, así como también en zonas con problemas estructurales.

Los métodos geofísicos empleados en el Brasil son los siguientes:

—Magnetría: en rocas de propiedades magnéticas y cuerpos diabásicos.

—Resistividad eléctrica: para detectar depósitos de material y la estructura tectónica del yacimiento.

—Sísmica de refracción: para detectar estructuras de basamento cristalino.

—Sísmica de alta resolución: método sofisticado que utiliza explosiones para detectar la presencia y espesor de las vetas de carbón mayores de 5 m.

4. Ejecutores

En el caso de la sísmica de alta resolución se contratan empresas especializadas extranjeras ligadas a empresas brasileñas, para ejecutar los estudios y procesar los datos, debido al alto grado de sofisticación y altos costos de los equipos involucrados.

Sin embargo, la CPRM ha desarrollado un método original de interpretar las secciones sísmicas con gran éxito.

Los demás métodos investigativos son ejecutados por empresas brasileñas (mapas, sondeos con testigos, perfiles geofísicos y otros).

El perfil geofísico comprende:

- potencial espontáneo
- resistividad (eléctrica)
- registros gamma (radioactividad).

5. Equipos de sondeo

- a) Sondas rotativas (3 ruedas dentadas cónicas)
- b) Sondas rotativas a diamante (corona de diamantes)

La sonda rotativa se usa para obtener muestras del canal, por medio de una barrena tricónica.

La sonda rotativa a diamante se usa para obtener testigos de perforación con barrenas de coronas diamantadas o de carborundum.

Características

1. Carbón mineral

El concepto básico del carbón energético es de aquel carbón cuyo material carbonoso no tiene propiedades aglutinantes cuando se expone a temperatura de 1.000°C o más. Este no se presta para la producción de coque metalúrgico o de fundición. Por extensión, se denominó "carbón energético" a las fracciones resultantes de Capivari (Santa Catarina), con altos contenidos de ceniza (35-40 o/o). Es el tradicional carbón vapor.

En el Brasil, el carbón metalúrgico es la fracción resultante del enriquecimiento del carbón pre-lavado en el lavador de Capivari, con un contenido de ceniza entre 16 y 18,5 o/o. Es un carbón cuya densidad fluctúa en 1,50.

El carbón metalúrgico producido en el lavador de Capivari se utiliza mezclado con otros carbones importados (80 o/o) para producir coque siderúrgico.

En las plantas termoeléctricas, basadas en carbón, se emplean estos con un contenido de ceniza de alrededor de:

- 20 o/o COPEL (PR)
- 40 o/o ELETROSUL (SC)
- SAN JERONIMO (RS)
- 50 o/o P. MEDICI (RS)
- ELETROSUL (RS)

El consumo específico de carbón varía entre 1 y 0,6 kg/kW.

Para la producción de cemento se utilizan carbones con un contenido de ceniza de aproximadamente:

- 20 o/o MATARAZZO (caso especial)
- 33 o/o tipo patrón adoptado para la industria del cemento.

Como promedio, se requiere de 2,5 toneladas de carbón, con un contenido del 35 o/o de ceniza (PC+ 5.000 Kcal/kg) para sustituir una tonelada de combustóleo.

El protocolo suscrito entre el Gobierno y los sindicatos de las industrias de cemento y carbón establece etapas para la sustitución total del combustóleo utilizado en la producción de cemento, tanto en las torres de pre-calentamiento (vía seca) y la pasta cruda (vía húmeda) como en los trabajos de soldadura. El programa de sustitución está indicada en el cuadro a continuación:

ETAPA	PLAZO	REDUCCION DE CONSUMO DE CARBON COMBUSTOLEO	CONSUMO DE CARBON 10 ³ ton./año
1a	Hasta Dic. 80	640	1.280 (30 o/o)
2a	Hasta Dic. 82	2.140	4.280 (50 o/o)
3a	Hasta Dic. 84	2.780	5.560 (100 o/o)

Además, con los sectores siderúrgico, papel y celulosa se han suscrito protocolos con miras a sustituir los derivados de petróleo por fuentes energéticas alternativas nacionales.

El carbón energético, con un contenido de ceniza de 20, 30 ó 40 o/o, también se utiliza en calderas y para otros fines industriales como secaderos de granos, cerámica, etc.

Para la producción de hierro-esponja a través de la reducción directa del mineral de hierro, se utiliza el carbón energético llamado "carbón reductor", con un contenido de ceniza del 33 al 35 o/o.

2. Lignito

Los análisis de lignito, incluidos el de Alto Solimoes, arrojan valores comprendidos en los siguientes intervalos:

Unidad hidroscópica	8 – 10 o/o
Ceniza	25 – 35 o/o
Material volátil	30 – 50 o/o
Carbón fijo	20 – 30 o/o
Azufre	3 – 4 o/o
Poder calorífico	4.000 – 5.000 Kcal/kg
FSI	0
Peso específico	1,6 – 2,0 g/cm ³

Dentro de la clasificación ASTM estas características sitúan el material carbonoso en el límite superior de la turba y el inferior del lignito.

3. Turba

Las características medias de los depósitos de turba que merecen mayores estudios son las siguientes:



PROYECTOS	TAMANO MEDIO (Ha)	ESPESOR MEDIO (m)	COBERTURA MEDIA (m)	VALORES MEDIOS		
				CENIZA o/ob.s	AZUFRE o/ob.s	PODER CAL. Kcal/kg
Litoral BA-SE	1.600	204	0	22	0,85	4.400
Litoral Norocc. AL-RN	600	0,8 a 3,60	1	44	1,30	2.430

Los depósitos de turba brasileña en general se presentan en una tercera parte en forma de turba energética, y las dos terceras partes restantes en forma de turba agrícola.

Se clasifica como turba energética aquella cuyo poder calorífico superior es mayor a 3.500 Kcal/kg, en base seca y correspondiendo a un contenido de ceniza menor del 35 o/o.

Se clasifica como turba agrícola aquella cuyo poder calorífico superior es menor a 3.500 Kcal/kg, en base seca, correspondiendo a un contenido de ceniza mayor del 35 o/o.

COAL, LIGNITE AND PEAT IN BRAZIL

Technical Division
Auxiliary Company of
Brazilian Electric Power Companies
(CAEEB)

Summary of the Coal Situation in Brazil

The objective of the Energy Coal Program of Brazil, which forms part of the national energy model, is to produce 16,800,000 tons of coal as of 1985. The program was established for the 1979-1985 period by the government of General Figueiredo.

The responsibility for executing the coal program falls to the Ministry of Mines and Energy, headed by Senator César Cals de Oliveira. Basically, the goal of producing 16,800,000 tons per year was established to substitute imported oil derivatives (or mineral fuels), equivalent to 110,000 barrels of oil per day.

The Brazilian coal reserves are located in the southern part of the country, and they have been estimated as 23 billion tons.

It is thought to produce 6,290,000 tons of energy coal in 1982.

Bearing in mind the difficulties of implanting this alternative energy program, the Brazilian government has established a series of policies providing incentives for the production and consumption of coal, as follows:

1. Eighty per cent of the production of new mining projects is financed with a fixed interest

rate of 5 o/o annually, an inflationary correction limit of 50 o/o and a 12-year payback period including a 4-year grace period.

2. The coal production is purchased by the CAEEB, the State coal company of the Ministry of Mines and Energy, which distributes it with guaranteed sales for producers and guaranteed supplies for consumers.

3. A pricing system has been created to assure the real cost plus a profit, for producers, and a sale price 30 o/o below the equivalent price of oil derivatives, for consumers.

4. In order to assure the production and use of coal, the government establishes protocols between the Ministry of Mines and Energy, as producer, and the Ministry of Industry and Trade, fuel oil consumer (especially the cement, iron and steel and paper and cellulose industries, which receive financing to substitute oil burning by coal).

5. In addition to the internal protocols, the Ministry of Mines and Energy signs international agreements that provide for new processes, special financing and personnel training.

6. A firm purpose of the Ministry is to cultivate and exchange technological information and expertise with other Latin American countries, both directly and through the Latin American Energy Organization (OLADE).

Current Legislation

The beds, mines, and other manifestations of mineral resources, as well as the hydroenergy potential available for exploration or industrial use, do not constitute private property. However, the individual owner is assured participation in the results of the work, as well as a tenth of the mineral tax (according to the Brazilian Constitution).

The geological investigation of any mineral in Brazil should be framed within the provisions of the Brazilian Mining Code.

Authorization for mineral investigations can only be granted to a natural or artificial Brazilian or to a mining company already constituted in Brazil, with express authorization from the Ministry of Mines and Energy and following a process of review and reports by the National Department of Mineral Production (DNPM).

Once an investigation permit has been requested and granted, the interested party has a period of three years –which can be extended– to present a report on the investigations, even when the interested party is the government firm Mineral Resource Investigations (CPRM).

Authorization for the work is only conceded to juridical persons. Once the investigation report has been approved, the interested party has one year to present the following documents to the DNPM:

- a) A work plan
- b) Proof of the constitution of a mining company, if relevant.

Once the one-year deadline has passed without fulfilling the above-mentioned requirements, the interested party loses the right to the work

concession, and it can be requested by other parties.

Furthermore, when the Government (CPRM) undertakes the detailed investigation of a deposit, it does not have rights to the work; and therefore, another party interested in acquiring authorization to do the work can reimburse the Government for the costs incurred by the investigation.

With respect to the program of investigations conceded to DNPM-CPRM by the Government, the financial resources are considered lost funds, without the possibility of future reimbursement.

For the investigations and work related to coal, the Government, through the Ministry of Mines and Energy (MME) or the Secretariat of Planning (SEPLAN) grants funding from the Energy Mobilization Plan, according to the following conditions:

Value: 80 o/o of the investment

Monetary correction: 50 o/o of the variation in ORTN*

Interests: 5 o/o annually

Grace period: 4 years

Amortization: 8 years after the grace period.

* Readjustable obligations of the National Treasury

COAL

1. Reserves: definitions

Coal bed: stratum that contains a total thickness of coal of between 1 centimeter and 19 centimeters.

Coal seam (total seam): set of coal beds that contain sterile intercalations, at least 20 centimeters thick and corresponding to at least 40 o/o of the coal contained in the seam, with relation to the total thickness.

Coal bank: coal stratum with more than 20 centimeters of coal and few sterile intercalations within the seam.

Coal in the seam: sum of the thicknesses of the different intercalations of coal beds and banks contained in the seam.

2. Criteria and Evaluations

The minimum thickness of economically minable coal depends on production costs (which are variable, as a function of mining methods, the size of the mine, roof conditions, the structure and depth of the seam, mining prospects for overlying economical seams, the enrichment process and the recovery of usable fractions with relation to total raw coal), as well as on the value of the saleable fractions obtained.

A change in the minimum thickness, to a lower value, as a function of the energy crisis, will obviously increase reserves.

Bearing in mind the current experience of Brazil, in terms of operative mines, the thickness generally adopted in the country varies between 0.5 and 1.0 meters of coal in the seam.

The definition of areas to calculate the three types of reserves (measured, indicated, inferred) is based on the limits adopted by the United States Geological Survey (USGS), with miles converted into meters and a few approximations.

Measured reserves: are those contiguous to the sounded boreholes in a radius of 400 meters and an area of 0.50 km^2 . They include as measured reserve zones the narrow belts between the circles of influence of positive deposits, since the centers of the belts are no farther away than 600 meters from any of the holes.

Note: The belt that lies at a distance of more than 600 meters from any of the holes will constitute an area of indicated reserves.

Indicated reserves: are those areas outside the measured reserve zones, in a radius of 1200 meters and corresponding to a circular crown of 4.02 km^2 . As in the preceding case, they include the thin belts between the positive holes, since their center is not found more than 1500 meters away from any hole.

Inferred reserves: are those situated within the area of indicated reserves, where the thickness of coal in the seam is greater than the established minimum, up to a maximum distance of 4800 meters from the holes.

Reserves, as defined, must be considered geological reserves *in situ*, not to be confused with recoverable reserves, which would be that part of the seam that could be recovered after taking into account losses due to mining and enrichment processes, local geological problems such as faults, diabasic intrusions, inviability of work in two or more overlying seams, etc.

The reserve (measured, indicated or inferred) of the coal that lies between isopach curves is obtained by multiplying the area between them by the average thickness and specific weight of the floated coal. The sum of the corresponding values between isopachs yields the global reserve.

The areas between contiguous isopach curves, and the corresponding average thicknesses, are determined by means of planimetry.

The specific weight of coal is determined on the basis of the coal contained in the drill cores obtained during soundings and floated in a dense medium (density of the cut: 1.85).

For lignite and peat, the criteria and calculations are approximately the same as for coal, although greater detail can exist with relation to peat.

3. Reserves: Characteristics

The major coal reserves of Brazil, known to date, are located in the southern part of the country, along the western border of the sedimentary basin of Paraná, covering the states of Paraná, Santa Catarina, and Rio Grande do Sul. See Appendix I.

In the state of Rio Grande do Sul, coal appears in the form of basins, mainly: Candiota, Irui, Leao-Butia, Charqueadas, and Gravatí-Morungava.

The coal of Rio Grande do Sul is generally energy coal or steam-generating coal, while the deposits of the Gravatí-Morungava region have metallurgical coal fractions destined to the production of coke for the iron and steel industry or foundries.

In the state of Santa Catarina, the coal deposits are located within a belt twenty kilometers long (East to West) and 100 kilometers wide (North to South), between the Serra do Mar and the Serra Geral.

Coal seams occur at ten sites in the Bonito Formation, but only three of these are economically minable:

- Barro Branco
- Irapúa
- Bonito

The coal seam of Barro Branco shows good continuity. The raw coal that is extracted from this deposit undergoes a pre-enrichment process, to yield a product known as pre-washed coal (PWC). From this is derived a metallurgical fraction (30 o/o) with an ash content of 16.5 o/o, destined to the production of coke for the iron and steel industry, in mixtures with imported coals.

The other fractions, with a higher ash content, are used in thermoelectric plants and in cement production.

COAL RESERVES 10^6 tons				
STATE	MEASURED	INDICATED	INFERRRED	GLOBAL
Paraná	32.04	57.74	5.00	94.78
Santa Catarina	369.31	859.07	712.86	1,941.24
Rio Grande do Sul	1,796.41	3,579.06	15,392.53	20,768.00
T O T A L	2,197.76	4,495.87	16,110.39	22,804.02

The Irapúa coal seam is discontinuous, but its composition is similar to that of Barro Branco.

The Bonito coal, with reserves equal to those of Barro Branco (some 800 million tons) possesses a reduced metallurgical fraction.

In the state of Paraná, part of the coal reserves are associated with uranium. A special technology, already developed, is being applied in those reserves in order to tap both types of mineral reserves, including molybdenum as a by-product.

LIGNITE

The only area detected with lignite resources in significant amounts, on the order of 36.4 trillion tons, was the region of Alto do Rio Solimoes, in the State of Amazonas. This potential lignite zone covers some 90 km². Using grids of 2 km. by 2 km., a detailed survey undertaken in the region of Benjamin Constant (part of the Alto do Rio Solimoes area) led to the estimate of a reserve of some 35.5 million tons of lignite.

Other reserves which have been detected are as follows:

SITE	STATE	TOTAL	EXPLORABLE	(tons)
Hacienda Gondela	Minas Gerais	2,800,000	1,700,000	
Capava	Sao Paulo	152,000	—	

The presence of lignite has been confirmed in the states of Pará, Amapá, Maranhao, Pernambuco, Bahia and Rio de Janeiro.

PEAT

Peat prospecting is being done in the states of Sao Paulo (Paraiba Valley region), Rio de Janeiro (Campos Basin), Espírito Santo (Rio Doce Valley) and along all of the coastal belt, from the

south of the state of Bahia to the state of Rio Grande do Norte.

The reserves estimated to date in the above-mentioned regions are listed in the chart below:

ESTIMATED RESERVES			
REGION	STATE	TOTAL 10 ⁶ tons	DEPTH m
Southern Paraiba Valley	Sao Paulo	680.0	—
Rio Doce Valley	Espirito Santo	600.0	—
Campos Basin	Rio de Janeiro	60.0	—
Bahia-Sergipe Coasts	Bahia-Sergipe	1,310.0	0
Northwestern Coast	AL-PE-PB-RN	291.7	1
TOTAL		2,941.7	

It is recognized that of the reserves of the Southern Paraiba Valley (Rio de Janeiro) 20 o/o is energy peat (CV 3,500 Kcal/kg).

For the peat-bearing zones of the Bahia-Sergipe coasts and the northwestern coast, it is estimated that 30 o/o is energy peat.

Geological Investigations

1. Executors

In general, geological investigations in new potential areas of coal, lignite and peat are being carried out by the DNPM-CPRM, where the former is the programmer-contractor and the latter the program executor.

The CPRM is also conducting investigations on its own, in the concessionary areas it has acquired.

With a view to expediting the opening of new mines, to attend the coal production goals established by the Ministry of Mines and Energy, the

DNPM, through the CPRM, has also been executing an intensive program of detailed investigations, in order to provide the mining companies with the subsidies needed to expand the extraction projects in existing mines or other new mines to be opened.

Furthermore, the CPRM is developing a detailed investigation program in its concessionary areas, for the purpose of learning about the geological aspects of the deposits and later placing in bidding the necessary data for the project work by private initiative.

To implement the DNPM program or its own investigations, the CPRM can contract the services of private research or drilling companies.

The Brazilian drilling capacity, including that of the CPRM and private companies, is 230,000 meters a year. However, to the limited availability of financial resources for the execution of a broader investigation program, the soundings have totaled only 130,000 meters annually. For this reason, there is interest in exporting some 100,000 meters of sounding services for geological investigation per year, and in this regard, the CPRM has already approached the governments of Mozambique, Paraguay, and others.

2. PROGRAMS IMPLEMENTED

During 1970 - 81, within the framework of the CNPM-CPRM agreement, 274,334.30 meters of soundings were made, representing 1,426 bore holes and partially covering the basins of Parana, Amazonas (Alto Solimoes), Parnaiba (Maranhao and Piaui), Reconcavo (Bahia) and Vale de Pimenta Bueno (Rondonia).

In the region of Rio Fresco, Para, it was possible to find carbon-based resources on the order of 4 billion tons. Along the Upper Amazon

River, lignite resources on the order of 36.4×10^9 tons were defined. In the Parana Basin, where most of the efforts were concentrated, the possible geological reserves went from 2.7×10^9 tons to 22.8×10^9 tons.

Along the northwestern coastal belt, preliminary work detected reasonable amounts of peat reserves.

In the basins of Reconcavo and Parnaiba, the results obtained in terms of coal were discouraging.

3. FUTURE PROGRAMS

The programming for the next few years has the following objectives:

- a) To transform indicated and inferred reserves into measured reserves.
- b) To continue the prospecting work in potential areas for coal, lignite, and peat, in order to determine the alternative energy sources available for regional use.
- c) To develop new research methods, with a view to elaborating better parameters to define deposits and to obtaining results at lower costs.
- d) To develop studies on the execution of the work, recovery and enrichment of coal, so as not to affect the environment.

4. Types of Deposits

In the State of Santa Catarina, the active coal mines reach a depth of up to 150 meters with reference to the Barro Branco coal seam. The Bonito layer lies underneath the Barro Branco, generally at some 50 meters.



Coal deposits lending themselves to open-pit mining are quite limited in Santa Catarina.

In the State of Rio Grande do Sul, the deepest mine (300 meters) is Charqueadas (Well Otavio Reis), property of the COPELMI.

The coal deposit of the Gravati-Morungava region has variable depth, permitting, in the future, mining activities ranging from the open-pit process up to depths of 600 to 800 meters.

The main coal deposits that permit open-pit mining are in the area of Rio Grande do Sul. In Candiota, of the 8 trillion tons of reserves, 3 trillion could be mined with the open-pit method at 30 to 40 meters.

The open-pit reserves increase with equipment which makes it possible to use this process at greater depths, e.g., 50,100 or 120 meters.

Other coal deposits for open-pit mining in the Rio Grande do Sul region are Irui, Faxinal, and Recreio.

The currently active mines can be broken down by State and mining process, as follows:

STATE	OPEN-PIT	UNDERGROUND
Parana	---	3
Santa Catarina	7	26
Rio Grande do Sul	3	2
TOTAL	10	31

Investigation Methods and Stages

1. AREAS WITH EVIDENCE OF DEPOSITS

- a) Compilation of bibliography (books, photos, etc.)
- b) Geological maps
- c) Additional photo-interpretation
- d) Rapid field checks.

2. AREAS WITHOUT EVIDENCE OF DEPOSITS

- a) Preliminary mapping (scales of 1:50,000 or 1:25,000), based on aerial photography, geological field reconnaissance. Execution of geological cross-sections along the area under study.
- b) Definition of the limits of the Gondwana rock.
- c) Determination of diabasic bodies (seals, dikes).
- d) Opening of trenches, wells, and boreholes.
- e) Preparation of maps of the facies (environment of shale deposits).
- f) Geological maps.

3. Geophysical Investigations

These techniques are used in areas of recent sedimentation, alluvial plains or very flat, dry areas and areas with structural problems.

The following geophysical methods are used in Brazil:

- Magnetometry: in rocks with magnetic properties and diabasic bodies.
- Electrical resistivity: to detect seams and the tectonic structure of the deposit.
- Refraction Seismics: to detect the structure of the crystalline basement.
- High-resolution Seismics: a sophisticated method, using explosives, to detect the presence and thickness of coal layers more than 0.5 meters thick.

4. Executors

In the case of high-resolution seismics, specialized foreign companies affiliated with Brazilian companies are contracted to conduct the studies and process the data since the equipment involved is sophisticated and expensive. However, the CPRM has developed an original interpretation method for seismic sections, with great success.

The other investigation methods are carried out by Brazilian firms (mapping, soundings with drill cores, geophysical profiles).

The geophysical profiles include:

- spontaneous potential
- electrical resistivity
- gamma logs (radioactivity).

5. SOUNDING EQUIPMENT

- a) Rotary probes (3 cone-shaped toothed wheels)

b) Rotary diamond probes (diamond head)

The rotary probes are used to obtain gutter chip samples with a triconic bit.

The diamond rotary probe is used to obtain drill cores from soundings with diamond or carborundum boring heads.

6. Features

1. Coal

The basic concept of energy coal is that coal whose carbon material does not have agglutinating properties when exposed to temperatures of 1000 °C or more; in other words, it does not lend itself to producing metallurgical or foundry coal. By extension, "energy coal" is the fraction which results from the enrichment of pre-washed coal in the Washery of Capivari (state of Santa Catarina), with a high ash content (35 - 40 o/o). This is the traditional steam-generating coal.

In Brazil, metallurgical coal is the fraction resulting from the enrichment of pre-washed coal from the Washery of Capivari, with an ash content of 16 to 18.5 o/o, the density of which fluctuates in 1.50.

The metallurgical coal produced in the Washery of Capivari is used in mixtures with imported coal (80 o/o) to produce coke for the iron and steel industry.

In the coal-based thermoelectric plants, coals with more or less the following ash contents are used:

20 o/o — COPEL (Parana)

40 o/o — ELECTROSUL (Santa Catarina)

SAN JERONIMO (Rio Grande do Sul)

50 o/o – PUERTO MEDICI (Rio Grande do Sul)

ELETROSUL (Rio Grande do Sul)

The specific weight of coal varies between 1 and 0.6 kg/kw.

Coals with the following approximate ash contents are used for cement production:

20 o/o – MATARAZZO (special case)

35 o/o – Standard type adopted for the cement industry

On the average, 2.5 tons of coal with a 35 o/o ash content ($CV = 5,000 \text{ kcal/kg}$) are required to substitute 1 ton of fuel oil.

The agreement signed between the Government and the unions for the coal and cement industries establishes stages for the total substitution of the fuel oil used in cement production, in the pre-heating towers (dry method), raw paste (wet method) and soldering irons. The following chart indicates the anticipated substitution schedule:

The iron and steel and paper and cellulose sectors have also signed agreements with a view to substituting oil derivatives by national alternative energy sources.

Energy coal with ash contents of 20, 30 and 40 o/o is also used in boilers and for other industrial purposes such as grain drying, ceramics, etc.

For the production of iron sponge by directly reducing iron ore, energy coal is used (the so-called reducing coal) with a 33 to 35 o/o ash content.

STAGE	DEADLINE	FUEL OIL REDUCTION (10^3 tons/yr)	COAL CONSUMPTION (10^3 tons/yr)
1st	Until Dec. 80	640	1,280 (30 o/o)
2nd	Until Dec. 82	2,140	4,280 (50 o/o)
3rd	Until Dec. 84	2,780	5,560 (100 o/o)

2. Lignite

Lignite analyses, including the lignite of Alto Solimoes, yield values between the intervals specified below:

Hydroscopic units	8 - 10 o/o
Ash	25 35 o/o
Volatile material	30 - 50 o/o
Fixed carbon	20 - 30 o/o
Sulphur	3 - 4 o/o
Calorific value	4,000-5,000 kcal/kg
FSI	0
Specific weight	1.6 - 2 g/cm ³

According to the ASTM classification these characteristics put the carbon material among the upper limit for peat and the lower limit for lignite.

3. Peat

The average characteristics of peat deposits that deserve further study are as follows:

PROJECTS	AVERAGE SIZE (ha)	AVERAGE THICKNESS (m)	AVERAGE COVERAGE (m)	ASH o/o b.s.	AVERAGE SULPHUR g/o b.s.	AVERAGE CAL VALUE kcal/kg
Coast						
Bahia-Sergipe	1,600	204	0	22	0.85	4,400
NW Coast						
Rio Grande do Norte	600	0.8 to 3.60	1.0	44	1.3	2,430



In general, the Brazilian peat occurs in the proportion of one third energy peat and two thirds agricultural peat.

Energy peat is that whose upper calorific value is more than 3,500 kcal/kg, dry base, corresponding to ash contents lower than 35 o/o.

Agricultural peat is that whose upper calorific value is lower than 3,500 kcal/kg, dry base, corresponding to ash contents of above 35 o/o.

Edited version of a document prepared by the Technical Division of the Auxiliary Company of Brazilian Power Companies (CAAEB).