

L'EXPLORATION PETROLIERE AU BRESIL

Rédacteurs: Giuliana Bonatelli Dario
Michel Lévêque
Xavier Rives

Septembre 1999.

SOMMAIRE

Introduction

- 1 - Le marché national des dérivés de pétrole et de gaz naturel**
- 2 - L'importance des eaux profondes**
- 3 - Conquêtes relatives aux eaux profondes**
- 4 - Le Bassin de Campos (Bacia de Campos)**
- 5 - La stratégie de partenariat technologique de la Petrobras**
- 6 - Gazoduc Brésil-Bolivie**
- 7 - Réglementation du secteur pétrolier**
- 8 - Principaux centres de recherche**

Adresses et contacts

Introduction:

L'histoire du pétrole au Brésil commença à Bahia en 1858, sur un terrain situé sur les marges du fleuve Marau. José Barros Pimentel obtint du Marquis de Olinda l'autorisation d'extraire le minéral bitumeux pour la fabrication de kérosène pour l'éclairage. L'année suivante, l'anglais Samuel Allport découvrait un gisement de pétrole à Lombato, aux alentours de Salvador, durant la construction d'une ligne de chemin de fer. Pendant soixante dix ans des tentatives de perforations sont réalisées sans succès. Au cours des années 30, l'ingénieur agronome Manoel Inacio Bastos tente de convaincre des personnes influentes de l'importance du pétrole. Il rencontre même le Président Gétulio Vargas à Rio de Janeiro. Finalement, en 1933 c'est le Président de la bourse des Marchés de Bahia, Oscar Cordeiro qui lui propose d'entreprendre une campagne pour déterminer la présence de pétrole exploitable à des fins commerciales dans la région. En 1937, le Directeur de Département Nacional de Production Minière (DNPM) commence la perforation de puits dans la région de Lobato (Bahia). En 1938 le gouvernement nationalise les richesses du sous-sol et crée le Conseil Nacional du Pétrole (CNP).

Le 21 janvier 1939, sous la juridiction du tout jeune CNP, du pétrole jaillit enfin du puit DNPM-163 de Lobato. Ce puit, considéré comme non-rentable financièrement, a tenu une importance fondamentale pour le développement des activités pétrolières de l'état de Bahia. A partir de ce puit a un gros effort de prospection est réalisé dans le bassin de Recôncavo. La première accumulation commerciale de pétrole est découverte dans le champ de Candeias en 1941.



Les bassins sédimentaires brésiliens

En 1953, le gouvernement du Président Getulio Vargas confère le monopôle de l'exploration et de la production nationale de pétrole à l'entreprise publique Petrobras. Cette compagnie produit en 1998 plus d'un million de barrils par jour (pétrole et gaz naturel réunis) qui proviennent à 77% de puits offshore. Elle exploite 87 blocs sur une étendue de 443 mille km². Son activité s'est aussi étendue à l'étranger où elle est présente dans 12 pays, sous le nom de Braspetro.

En 1997 a été créée l'Agence Nationale du Pétrole (ANP), rattachée au Ministère des Mines et de l'Energie. Cette agence a pour mission la réglementation et le contrôle des activités économiques liées à l'industrie du pétrole.

Depuis le mois de juin 1999, le monopole de la Petrobras n'existe plus. 27 zones ont été vendues aux enchères par l'ANP à 10 entreprises internationales, pour un montant total de 321 millions de R\$ (1 US\$=1,73 R\$ au 1^o juin 1999). Sur les 27 parcelles en vente, 15 sont restées sans acquéreur faute de preuves suffisantes de la présence de pétrole ou de gaz. Ainsi le Brésil qui n'avait qu'une seule compagnie d'exploration pétrolière, en a maintenant onze. Dans les 5 ans à venir, il est prévu un investissement de 30 milliards de dollars générant 300 000 créations d'emplois. En plus de présenter un gouvernement et une économie stables, ce qui est rare chez la majorité des autres pays producteurs de pétrole d'Afrique et du Moyen Orient, le Brésil possède un marché consommateur considérable. Ces facteurs en ont fait un pays stratégique pour les investisseurs du secteur. Et le Brésil s'en sert pour négocier les conditions d'installation des géants du pétrole en exigeant, au delà d'une simple exploitation, des investissements réels dans l'économie du pays. Ainsi parmi les règles instaurées par l'ANP, il est imposé un quota minimum d'achat d'équipement à des fournisseurs nationaux s'élevant à 15%. Une autre condition est de réserver 800 millions de US\$ sur les 5 ans à venir pour le développement de recherches pétrolifères dans les universités brésiliennes. Cet argent proviendra des royalties perçues sur les ventes de pétrole.

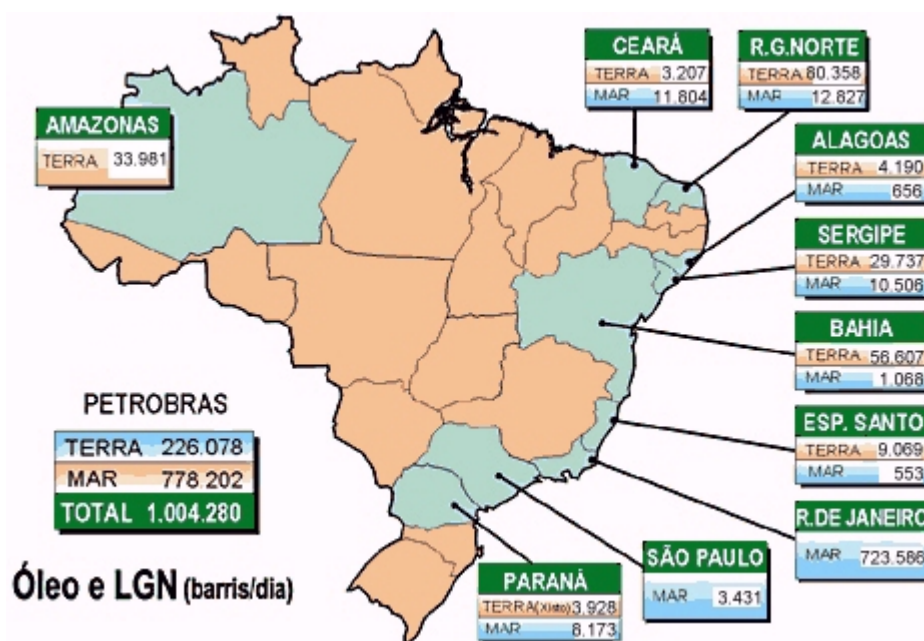
Le Brésil importe 40% des 1,74 millions de barrils consommés quotidiennement, soit 4 milliards de dollars en 1998 qui pèsent lourdement sur la balance commerciale. Un des objectifs de cette ouverture est d'atteindre l'autonomie dans le secteur.

Les entreprises qui investissent au Brésil:

Etat	Entreprises	Prix d'achat (millions de R\$)	Commentaire
Amazonas	BP, Petrobras, Esso, Shell, British Borneo	13,0	Indices de gaz naturel
Rio Grande do Norte	Agip	8,8	Indices de pétrole
Bahia	Petrobras, YPF	0,824	Possède déjà des petits champs de production de pétrole
Espirito Santo	Esso, Unocal, YPF, Texaco	51,0	Indices de pétrole et la Petrobras à déjà exploré le lieu. C'est la zone la plus prometteuse du pays, avec le bassin de Campos
Rio de Janeiro	Petrobras, Agip, YPF, Texaco	68,0	Région responsable de 75% de la production de pétrole du pays
São Paulo	Agip, Amerada Hess, Petrobras, Texaco, Kerr-McGee	180,0	Bonnes perspectives pour la production de gaz naturel dans une région déjà explorée par la Petrobras

Les zones terrestres (état du Parana) n'ont pas été disputées par les 38 entreprises présentes lors de la vente aux enchères. La raison du désintéressement: les données sur ces blocs n'étaient pas très bonnes et donc le risque d'investissement était d'autant plus important. Une seconde vente aux enchères concernant les zones terrestres est prévue par l'ANP d'ici la fin de l'année 1999 avec plus d'information disponible sur les bassins.

Une autre initiative récente est le projet de loi du Ministère des Mines et de l'Energie visant à transformer la Compagnie de Recherche en Ressources Minérales (CPRM) en une agence prestatrice de services de géophysique et sismique. Cette agence développera des études dans le secteur du pétrole afin de les commercialiser.



Production de pétrole et gaz naturel 1998 (barrils/jour)

La Petrobras en chiffres (1998)

RESERVES TOTALES (en milliards de bep)	17,3
Pétrole (en milliards de barrils)	14,6
Gaz naturel (en milliards de mètres cubes)	430,0
PRODUCTION JOURNALIERE MOYENNE (en millier de bep)	1238
• Pétrole et GNL (en millier de bpd)	1059
Terre	237
Mer	813
• Gaz naturem (en millions de mètres cubes)	31,13
Terre	10,56
Mer	20,57
PUITS PRODUCTEURS (pétrole et gaz naturel)	7231
Terre	6573
Mer	658
SONDES DE PERFORATION	
Terre	15
Mer	25
PLATEFORMES DE PRODUCTION	92
Terre	72
Mer	20
RESEAU DE TRANSPORT (en km)	12104
Oléoducs	7860
Gazoducs	4244
FLOTTE DE NAVIRES	
Quantité - propres	64
Afrétés	59
Tonnage (en millions de tpb)	8,18
TERMINAUX	53
Maritimes privés	10
Fluviaux privés	3
Maritimes, fluviaux et lacustres de tiers	11
Terrestres	29
Capacité de stockage (en millier de barrils)	64278
RAFFINERIES	
Nombre	11
Capacité installée (en millier de bpd)	1834
Charge moyenne traitée (en millier de bpd)	1483
Production journalière moyenne de dérivés (en millier de bpd)	1488
IMPORTATION (en millier de bpd)	
Pétrole	447
Dérivés	411
EXPORTATION (en millier de bpd)	
Pétrole	-
Dérivés	115

bpd=barril par jour, bep=barril équivalent pétrole, tpb=tonnes de port brut

1 - Le marché national des dérivés de pétrole et de gaz naturel

La consommation nationale de dérivés de pétrole a atteint en 1998 100,9 millions de mètres cubes (équivalent à 1,74 millions de bpd). Ceci représente une croissance de 3,7% par rapport à l'année précédente.

La consommation d'essence représente 18,9 millions de mètres cubes (326 mille bpd) en 1998, ce qui signifie une croissance de 5,2% en relation à l'année 1997. Cette performance reflète les transformations récentes du secteur automobile national, confirmant la tendance progressive de substitution de la flotte de véhicules à alcool hydraté par les véhicules à essence.

La consommation de diesel, produit représentant près de 35% de la demande nationale de dérivés, a atteint 35,1 millions de mètres cubes (605 mille bpd), augmentant de 6,6% par rapport à l'année 1997. Ce résultat, supérieur à la croissance de l'activité économique et de la consommation des autres dérivés, s'explique par une plus grande mécanisation agricole, par l'augmentation de travaux publics (Programme Brésil en Action, du Gouvernement Fédéral) et par la forte croissance de la consommation de diesel pour la génération d'énergie électrique de la région Norte.

La consommation d'huile combustible a régressé de 0,2%, représentant 13,8 millions de mètres cubes (238 mille bpd), résultat de la chute du niveau d'activité industrielle en 1998 et de la substitution de ce dérivé, dans l'industrie du ciment, par la coke de pétrole importée.

La croissance de 6,9% de la consommation de kérosène pour l'aviation, qui a atteint 4,5 millions de mètres cubes (78 mille bpd), est due à la continuelle augmentation du trafic aérien national et international.

La consommation de GPL a connu une croissance de 4,2% en 1998, se situant aux alentours de 12 millions de mètres cubes (207 mille bpd), stimulée principalement par l'augmentation de la consommation dans le secteur industriel.

La consommation de naphthaline pétrochimique a été de 11,7 millions de mètres cubes (202 mille bpd), diminuant de 1,2% par rapport à l'année 1997. La vente de gaz naturel a été de 10,8 millions de mètres cubes par jour en 1998, ce qui représente une croissance de 3,7% en relation aux résultats 1997.

2 - L'importance des eaux profondes

L'exploitation des champs de pétrole en eaux profondes est d'une grande importance pour le Brésil. 23% des réserves brésiliennes actuelles et une estimation de 50% des découvertes futures sont situées entre 1000 et 2000 mètres de profondeur. La Petrobras, consciente de ces enjeux investit dans le développement technologique pour exploiter les ressources dont elle dispose. En 1992 elle recevait le premier prix Offshore Technology Conference (OTC), concrétisant une reconnaissance mondiale de la technologie de production utilisée dans les eaux profondes. Deux années plus tard, la Petrobras battait le record en exploitant un puits à 1027 m de profondeur.

Aujourd'hui, la Petrobras maintient sa position de leader mondial dans la production de pétrole en eaux profondes en exploitant le champ de Roncador à 1853 m de profondeur.



Records de production en eaux profondes

La Petrobras a fait d'importantes découvertes dans des profondeurs de plus de 400 m ces dernières années. Le succès de l'exploration ne se reflète pas seulement dans les champs géants de Albacora (1984) et de Marlim (1985), mais aussi par la découverte d'autres champs d'eaux profondes dans le bassin de Campos, comme le champ géant de Roncador.

Les perspectives économiques qu'offrent les réserves en eaux profondes ont été à l'origine de la mise en place en 1986 du premier programme PROCAP (Programme d'innovation technologique de la Petrobras relatif aux systèmes d'exploitation en eaux profondes). Il a été réalisé sur une période de 6 ans de 1986 à 1991 pendant laquelle 109 projets ont été développés pour un investissement de 70 millions de US\$. Près de 400 techniciens de Petrobras et plus de 1000 membres d'autres institutions ont été impliqués, représentant 200 000 heures/homme par an. Ce programme a eu pour objectif principal d'améliorer le degré de maîtrise technologique de la Petrobras dans le domaine de la production de pétrole et de gaz naturel dans des profondeurs allant jusqu'à 1000 m. Un autre objectif a été de consolider l'expérience opérationnelle de la Petrobras dans les Systèmes de Production Flottants (FPS) pour parvenir à réduire les coûts et améliorer la fiabilité. Ce programme a permis d'étendre la technologie associée aux eaux peu profondes aux eaux profondes et développer de nouvelles alternatives pour améliorer l'exploitation de pétrole en eaux profondes. La communauté technologique brésilienne - universités, cabinets de conseil en ingénierie, industries et centres de sciences et technologie - ont apporté leur propre contribution aux projets. La communauté internationale a participé également au travers de projets multiclients, de prestations de services, de programmes de transfert de technologie et d'accords de coopération.

FIELD	FPS	TYPE	FPS WD (m)	PROCESSING CAPACITY		STORAGE CAPACITY (1,000 bbl)	NUMBER OF WELLS	START OF PRODUCTION
				OIL (1,000 bpd)	GAS (1,000m3/d)			
MARLIM	P-33	FPSO	780	50	1,500	2,000	6 P - 3 I	Nov/98
MARLIM	P-35	FPSO	860	100	1,500	2,000	16 P - 6 I	May/1999
MARLIM	P-37	FPSO	905	150	4,650	2,000	19 P - 16 I	Dez/1999
RONCADOR	P-36	SEMI	1,340	180	7,200	-	19 P - 7 I	Aug/99
RONCADOR	P-47	FSO	815	-	-	1,900	-	Aug/99
RONCADOR	Scillean	FPSO	1,853	20	-	306	1 P	Dez/98
MARIMBÁ LESTE	P-21	SEMI	700	50	1,200	-	6 P	Nov/98
MARLIM SUL	P-40	SEMI	1,080	150	6,000	-	6 P - 4 I	May/2000
MARLIM SUL	P-38	FSO	1,020	-	-	1,900	-	May/2000
SALEMA/BIJUPIRÁ	P-45	FPSO	675	55	2,600	850	16 P - 4 I	Oct/2000
ESPADARTE	P-49	FPSO	940	100	2,500	2,000	11P - 5I	Jan/2000
ESPADARTE	P-49	TLWP/CV	870	-	-	-	9P - 6I	Nov/2000
BARRACUDA	P-41	TLWP/CV	815	-	-	-	20 P	Feb/2001
BARRACUDA	P-43	FPSO	785	200	5,500	1,900	4 P - 17 I	Feb/2001
CARATINGA	P-48	TLWP/CV	1,040	100	4,000	-	16 P - 13 I	Jul/2002
TOTAL	15 FPS	7 FPSO 3 SEMI 3 TLWP/CV 2 FSO	675 - 1,853	1,155	36,650	14,856	129 P - 67 I	Nov/98 - Jul/2002

Unités de production flottantes: projets en développement

Les investissements de la Petrobras dans le secteur de la Recherche & Développement totalisaient l'équivalent de 216 millions de US\$ en 1998, parmi lesquels 197 millions de US\$ ont été directement investis dans le Centre de Recherche et Développement Leopoldo A. Miguez de Mello (Cenpes). Le Cenpes, créé en 1966, dispose d'un corps technique hautement compétent, dans lequel on trouve 234 maîtres et 118 docteurs.

Au cours de l'année 1998 ont été développés des projets en partenariat avec d'autres entreprises et centres de R&D étrangers, pour un montant de 4,54 millions de US\$ répartis sur 76 projets multiclients. Egalement, 8 projets ont été développés en partenariat avec des centres de R&D des entreprises publiques de pétrole de la Colombie, du Vénézuéla et du Mexique. Les projets de R&D développés avec les universités brésiliennes ont mis en oeuvre des financements de 12,32 millions de US\$.

L'année 1998 a permis de poursuivre les activités entreprises dans trois projets stratégiques qui intègrent les priorités technologiques de la Petrobras: le Projet d'Innovation Technologique et de Développement avancé en Eaux Profondes et Ultra-profondes (Procap-2000), le Projet de Récupération Avancée du Pétrole (Pravap) et le Projet de Développement de Technologies Stratégiques de Raffinage (Proter). Les huit programmes technologiques du Cenpes ont été continués de la même manière, parmi lesquels le Programme de Technologie Offshore (Promar) s'est déjà mis en évidence en générant des bénéfices effectifs accumulés d'un montant de 1,1 milliards de US\$. Ce programme a pour objectif d'optimiser les coûts dans les activités d'exploration, perforation et production en mer.

Le PROCAP-2000 a été implanté en 1993 dans la continuité des efforts accomplis pour le premier programme. Il a pour objectif de réduire de manière substantielle les coûts de production, augmentant la productivité dans les champs d'eaux profondes. Il doit

permettre à la Petrobras de produire du pétrole et du gaz dans les champs offshore situés en eaux profondes et ultra-profondes (de 1000 à 3000 m) et développer des projets d'innovation technologique.

3 - Conquêtes relatives aux eaux profondes:

- Systèmes anticipés de production,
- Plateformes de production semi-submersibles: projets de conversion générale,
- Projet de la plateforme de production semi-submersible Vitoria Régia avec un mouvement de "heave" minimum pour améliorer les performances de perforation,
- Systèmes d'ancrage - Définition des critères avec une optimisation développée par Petrobras, avec l'aide des instituts de recherche et des universités,
- Protection cathodique pour les lignes de contrôle hydrauliques sur les arbres de Noël,
- OCTOS 1000, sans aide de plongeurs et sans utilisation de câble-guide, projet de Template/Manifold, 7 puits, 1000 m de profondeur,
- Manifolds de production sousmarine sans aide de plongeurs et sans utilisation de câble-guide, 8 puits, 1000 m de profondeur,
- Manifold de production atmosphérique, 8 puits, 600 m de profondeur,
- Systèmes de connexion sousmarine,
- Arbres de Noël, avec aide de plongeurs, dans des eaux jusqu'à 300 m et sans aide de plongeurs jusqu'à 1000 m,
- Systèmes de contrôle distant et de supervision pour les équipements de production sousmarins - Projet MUXCOM,
- Risiers flexibles - définition de critères,
- Risiers rigides pour la perforation, et la production - définition basique,
- Lignes rigides - évaluation de méthodes de lancement,
- Méthodologies pour la prévision de formation de parafine sur les lignes de production offshore - prévention et méthodes de traitement,
- Collecte et traitement de données océanographiques, météorologiques, géophysiques et géologiques dans les champs d'eaux profondes (jusqu'à 1000 m).

4 - Le Bassin de Campos (Bacia de Campos)

Situé au large de l'état de Rio de Janeiro, le Bassin de Campos constitue la plus grande région pétrolifère offshore du Brésil. Découverte en 1974, elle couvre une zone de 115 km² et renferme 13,9 milliards de bep (barril équivalent pétrole), soit 73% des réserves totales de pétrole et de gaz du Brésil. Elles sont localisées dans des eaux profondes et ultraprofondes (allant jusqu'à 3500 m).

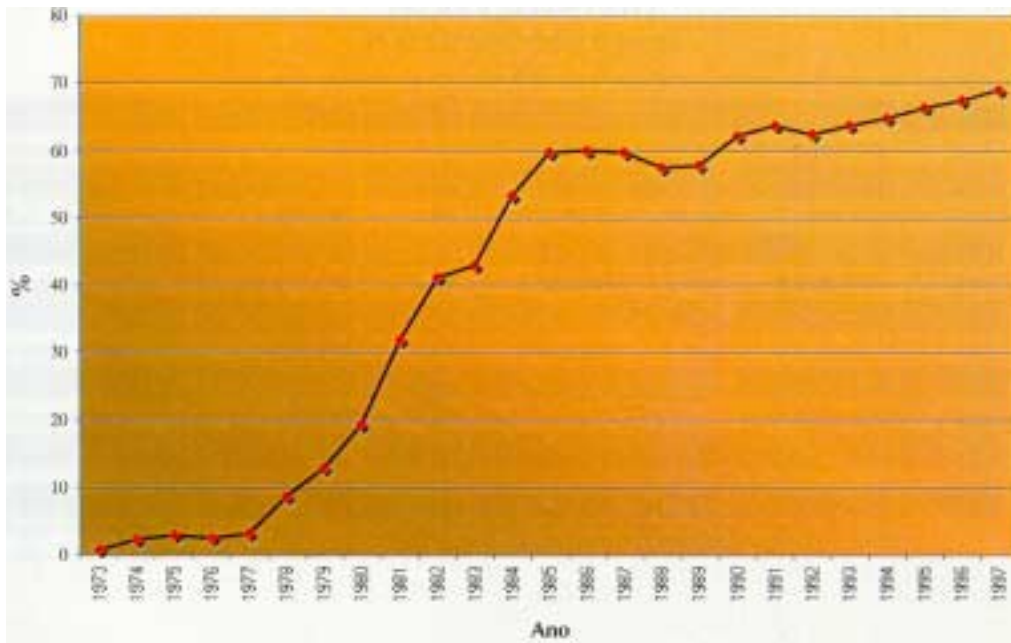
La production de pétrole dans le Bassin de Campos est d'environ 750 000 bpd (barril par jour), ce qui équivaut à 75% de la production brésilienne de pétrole et la production de gaz est de 13,0 millions de m³ /jour, soit 43% de la production brésilienne.

Les équipements installés dans cette région sont les suivants:

- 20 FPS (Système de Production Flottant),
- 14 plateformes fixes,
- 37 champs de production,
- un réseau de distribution de pétrole et gaz de 3 000 km.



Carte de la région de Campos



*Evolution de la production de pétrole dans le Bassin de Campos
(en % de la production brésilienne)*

FIELD	STATIONARY PRODUCTION UNIT	SPU WD (m)	NUMBER OF WELLS	WD RANGE OF WELLS (m)	PROCESSING CAPACITY		STORAGE CAPACITY (1,000 bbl)
					OIL (1,000 bpd)	GAS (1,000m3/d)	
Barracuda Pilot	P-34	840	11	680 - 1,050	45	600	300
Marlim Sul	FPSOH (IMODCO)	1,420	2	1,230 - 1,709	20	240	828
Linguado	P-12	100	25	96 - 108	50	1.000	-
Moréia	P-22	114	6	113 - 120	10	200	-
Viola	Zephyr-1	127	9	125 - 126	25	200	-
Bicudo	P-7	209	16	130 - 209	50	1.500	-
Corvina	P-9	225	7	225 - 255	40	550	-
Piraúna/Marimbá	P-15	244	11	230 - 492	45	300	-
Albacora	P-24	230	16	250 - 450	60	1.200	-
Albacora	P-25	575	29	450 - 1,100	100	3.250	-
Albacora	P-31	330	35	250 - 450	100	4.350	2.000

FIELD	STATIONARY PRODUCTION UNIT	SPU WD (m)	NUMBER OF WELLS	WD RANGE OF WELLS (m)	PROCESSING CAPACITY		STORAGE CAPACITY (1,000 bbl)
					OIL (1,000 bpd)	GAS (1,000m3/d)	
Bijupirá/Salema	P-13	625	4	551 - 737	10	300	-
Marlim Pilot	P-20	625	10	721 - 781	52	1.000	-
Marlim	P-18	910	29	879 - 1,027	100	2.100	-
Marlim	P-19	770	19	710 - 830	100	3.000	-
Marlim	P-26	990	30	957 - 1,250	100	3.000	-
Marlim	P-32	160	-	-	130	-	2.000
Enchova	Sedco - 135D	120	16	110 - 179	30	400	-
Marimbá	P-8	429	13	380 - 550	52	1.500	-
Voador	P-27	533	10	552 - 618	43	1.800	-
Caravela (*)	P-14	195	1	195	10	-	-
TOTAL	21 FPS	100 - 1,420	299	96 - 1,709	1.172	26.490	5.128

Systèmes de Production Flottants en opération dans le Bassin de Campos

5 - La stratégie de partenariat technologique de la Petrobras:

La réduction des coûts et des risques des activités de R&D a conduit la Petrobras à organiser ses activités de recherche pour privilégier la coopération technologique. Elle accorde également une grande importance à la mise en relation des compétences issues du milieu académique et du milieu industriel. L'objectif est d'intégrer de la technologie pour améliorer la compétitivité de l'entreprise et la qualité de ses produits.

Le Cenpes, centre de recherche de la Petrobras, est au coeur même de cette volonté politique. Ses liens avec le milieu académique national et international représentent un investissement de près de 10 millions de US\$ par an, ce qui correspond à 5% du budget de la recherche et du développement technologique.

Le partenariat avec la communauté technologique brésilienne met l'accent sur le renforcement des savoirs du milieu de la recherche dans les disciplines liées à l'industrie du pétrole. Ceci se concrétise par le développement de projets de coopération, dans l'organisation de troisième cycles ('mestrado' et doctorat) orientés selon les besoins de la Petrobras, ou encore par des programmes de stages des élèves et professeurs des universités brésiliennes au sein du Cenpes.

L'articulation avec la communauté technologique internationale doit permettre à la Petrobras de renforcer ses connaissances afin de relever les défis de l'industrie du pétrole. C'est au travers de projets multiclients que sont noués des liens avec les universités, centres de R&D et les industriels du secteur. Un projet multiclient est coordonné par une des institutions, généralement une université, qui étend la participation aux autres institutions intéressées, moyennant un partage des coûts établis au commencement du projet. L'objectif de ce type de projet est d'accompagner l'état de l'art des technologies émergentes, encore au stade expérimental, et d'identifier les partenaires potentiels pour développer sous forme d'accords de coopération des systèmes ou des procédés opérationnels et compétitifs. Les projets multiclients sont un moyen d'acquisition de technologie en progression chez la Petrobras. Le plan pluriannuel des activités sur la période 1995-1999 a permis de consacrer 2,5 millions de US\$ par an dans ce type de projet.

Université	Lignes de recherche
Royal Holloway and Bedford New College (UK)	Dynamique des failles
Imperial College England (UK)	Flux multiphasique
Herio-Watt (UK)	Modelisation de réservoirs
Stanford (USA)	Géochimie organique Tomographie sismique
Tulsa (USA)	Flux de fluides Séparation multiphasique
Manchester (UK)	Systèmes de séparation Corrosion microbienne
Colorado School of Mines (USA)	Inhibition des hydrates

Projets de développement dans des universités étrangères

La Petrobras maintient également des accords d'échanges technologiques avec d'autres compagnies pétrolières, parmi lesquelles on compte Shell, BP-Statoil, Agip et IFP. La finalité de ces accords est de confronter les expériences et insérer de la technologie. Diverses technologies sont l'objet de ce type de coopération:

Technologie	Accord
Perforation en eaux profondes	Petrobras-BP/Statoil
Pompage multiphasique	Petrobras-Shell Petrobras-BP/Statoil
Système de production flottant	Petrobras-Shell Petrobras-BP/Statoil
Hydrates et parafines	Petrobras-Shell Petrobras-BP/Statoil
Catalyseurs	Petrobras-IFP

Exemples d'accords d'échanges technologiques

La nécessité d'adapter les systèmes de production conventionnels pour les eaux profondes a été à l'origine de partenariats technologiques entre les fabricants d'équipements et le Cenpes. Un exemple est la technologie du Pompeur Centrifuge Submersible pour les puits sousmarins (BCSS) qui est le fruit d'un accord d'échanges entre la Petrobras et 6 fournisseurs: Pirelli (câbles électriques), Tronic (connecteurs électriques), Reda/Lasalle (pompe, moteur et protecteur), et Cooper/Cameron (adaptation de l'arbre de noel mouillé pour recevoir les connecteurs électriques), la Petrobras détenant la technologie de l'arbre de noel mouillé.

Equipement	Fabriqueur
Pompeur centrifuge submersible - BCSS	Pirelli, Tronic, Reda/Lasalle et Cooper/Cameron
Pompage multiphasique	Westinghouse/Leistritz
Arbre de noel à mouillage horizontal	Cameron
Mesureur multiphasique	Fluenta

Exemples d'équipements développés en partenariat

Dans le contexte du Mercosul, sont développés des programmes de coopération technologique entre entreprises publiques latino-américaines dans le secteur du pétrole. Parmi ces entreprises on compte: Cenpes/Petrobras, Imp/Pemex, Icp/Ecopetrol et Intevep/Pdvsa. Des thèmes d'intérêt commun ont été définis et doivent aboutir sur des projets de coopération. Ces thèmes sont les suivants:

- Stabilité des puits,
- Biotechnologie appliquée à l'industrie du pétrole,
- Homologation des techniques analytiques et évaluation de catalyseurs, de charges et de produits.

Ce modèle de recherche coopérative adoptée par le Centre de Recherche de la Petrobras présente d'excellents résultats. En plus d'offrir une technologie d'avant-garde pour

l'utilisation immédiate par la compagnie, elle permet la réalisation de recherches à coût réduit ainsi que le développement de recherches scientifiques sur du long terme. Sur une période de cinq ans, le rapport coûts/bénéfices a été égal à 4,32, ce qui signifie que chaque dollar investit dans le Cenpes a permis des gains et économies pour la Petrobras d'une valeur de 4,32 dollars.

6 - Gazoduc Brésil-Bolivie: "La route du progrès pour l'Amérique Latine"

La route du gaz a son point de départ dans la localité de Rio Grande, à 40 km au sud de Santa Cruz de la Sierra et parcourt une distance de 3150 km jusqu'à Porto Alegre, en passant par São Paulo. Le gazoduc transporte un total de 8 millions de m³ par jour. Cette ville d'origine indigène ne compte plus aujourd'hui que 400 habitants autochtones, connus sous le nom de chiquitanos. L'économie est basée sur une agriculture vivrière. Le fleuve rio Grande qui a donné le nom à ce lieu, traverse le département de Santa Cruz de la Sierra, jusqu'à déverser ses eaux dans le fleuve rio Mamoré. Dans la partie bolivienne, le gazoduc s'étend sur 557 km et passe à 45 km de San José de Chiquitos.

La forêt n'a pas été la seule à mériter une attention particulière pour cet ouvrage. Le long des 2593 km du côté brésilien, la Petrobras a pris soin de préserver les sites archéologiques. Sur certains tronçons; le tracé originel a été modifié et sur d'autres, la compagnie a signé des accords avec les universités fédérales du Mato Grosso do Sul, du Parana, de Santa Catarina, de Rio Grande do Sul et avec l'Université de São Paulo, pour sauvegarder les sites et étudier les découvertes archéologiques. Au total ont été rencontrés 617 sites.

Le gaz naturel est une source d'énergie propre, non-polluante et de combustion uniforme. Etant plus léger que l'air, il se dissipe rapidement dans l'atmosphère, minimisant les risques d'explosion. Son utilisation permet de réaliser des économies sur les importations de pétrole, diversifie les sources d'énergie avec un produit de caractéristiques supérieures et augmente les niveaux d'efficacité, de qualité et de productivité dans divers secteurs, notamment dans des industries où la finition est importante comme les céramiques et les verres.

Le gaz naturel passe par des stations de mesure (4) et par des stations de compression (16), pour garantir une pression suffisante pour son utilisation. Le gazoduc arrive à des villes-portes à partir desquelles les entreprises étatales se chargent de la distribution au consommateur. Selon des études de viabilité économique l'utilisation du gaz naturel réduit les coûts opérationnels de 12% en comparaison avec le pétrole. Il est prévu que la production thermo-électrique consommera quotidiennement 14 millions de m³ de gaz naturel.

7 - Réglementation du secteur pétrolier.

L'article 177 de la constitution fédérale indique que les activités suivantes constituent un monopole de l'Union : la recherche et l'exploitation des gisements de pétrole et de gaz naturel et autres hydrocarbonates fluides; le raffinage du pétrole national ou étranger; l'importation et l'exportation de produits et dérivés basiques résultant des activités prévus dans les libellés antérieurs; le transport maritime du pétrole brut d'origine nationale ou des dérivés basiques du pétrole produit dans le pays, ainsi que le transport, au moyen de conduites, du pétrole brut de ses dérivés et du gaz naturel. Appartiennent à l'Union les dépôts de pétrole, gaz naturel et d'autres hydrocarbures fluides existants sur le territoire national, dans lequel est compris la partie terrestre, la mer territoriale, la plate forme continentale et la zone économique exclusive. Les activités économiques seront régulées et contrôlées par l'Union et pourront être exercées, moyennant concession ou autorisation, par des entreprises constituées sous les lois brésiliennes dont le siège et l'administration sont au Brésil.

La loi n° 9.478 du 06/08/97, complétée par le décret 2.455 du 14/01/98, crée l'Agence Nationale du Pétrole et précise les objectifs de la politique énergétique du Brésil : préserver l'intérêt national; promouvoir le développement, augmenter le marché du travail et valoriser les ressources énergétiques; protéger les intérêts du consommateur quand au prix, à la qualité et à l'offre des produits; protéger l'environnement et promouvoir les économies d'énergie; garantir la fourniture des dérivés du pétrole sur tout le territoire national; augmenter, sur des bases économiques, l'utilisation du gaz naturel; identifier les solutions les plus adéquates pour la fourniture de l'énergie électrique dans les diverses régions du pays; utiliser des sources alternatives d'énergie, au travers l'utilisation économiques des ressources disponibles et des technologies applicables; attirer les investissements dans la production d'énergie; augmenter la compétitivité du pays sur le marché international.

Concrètement, la gestion de cette politique est confiée à l'**Agence Nationale du Pétrole (ANP)**, établissement public appartenant à l'Administration publique fédérale et lié au Ministère des Mines et de l'Energie, dont le siège est à Brasilia. Elle a pour finalité de réguler et contrôler les activités économiques intégrées à l'industrie du pétrole, en accord avec la loi n° 9.478 du 06/08/97, réglementée par le décret 2.455 du 14/01/98, en prenant en compte les directives du Conseil National de la Politique Energétique (CNPE) et en conformité avec les intérêts du Brésil.

Ses principaux pouvoirs sont :

- Elaborer et contrôler les processus de mise aux enchères pour l'attribution des concessions d'exploration et de production de pétrole et gaz naturel.
- Autoriser les activités de raffinage, transport, exportation et importation de pétrole et de gaz
- Contrôler ces activités et appliquer si nécessaire des sanctions administratives et pécuniaires;
- Instruire les procédures de déclaration d'utilité publique;

La direction de l'ANP est nommée par le Président de la République après approbation des noms par le Sénat pour une durée de quatre ans renouvelable. L'ANP est actuellement dirigée par **David Zylberszajn**. Les quatre autres directeurs sont Eloi

Fernández y Fernández, Giovanni Toniatti, Júlio Colombi Netto et Luiz Augusto Horta Nogueira.

8 - Principaux centres de recherche.

a) Institut de Recherches Technologiques de l'Etat de São Paulo- IPT.

L'IPT possède plusieurs départements qui directement ou indirectement ont des liens avec la recherche dans le secteur pétrolier. Parmi ceux-ci :

- Division de l'Ingénierie Civile – DEC
- Division de l'Ingénierie Mécanique et de l'Electricité – DME
- Division de Géologie – DIGEO
- Division de Technologie et Transports – DITT

Dans cette division se trouve le groupe sur l'Ingénierie Navale et Océanique qui avec Petrobrás développe des projets depuis 1965.

Le premier projet s'est déroulé à Monobóia de Tramandaí (Rio Grande do Sul). Plusieurs projets et essais furent réalisés avec des modèles de navires, des plate-formes fixes (jaquetas), des plate-formes fluctuantes (semi-submersibles), des pièces et équipements (manifolds), des conduits rigides (risers) et autres. Plus récemment des tests ont été faits sur des navires citernes (FPSO, FSO).

Les études récentes avec des citernes (anciens bateaux pétroliers VLCC de 30 000 tonnes) et les embarcations qui transportent le pétrole de la citerne jusqu'à la côte englobent des questions comme la stabilité directionnelle malgré les courants maritimes, la stabilité directionnelle en fonction des vents et des ondes maritimes, les efforts sur les FPSO en raison des courants et des ondes, la détermination de coefficients hydrodynamiques pour la simulation des manoeuvres à basse vitesse des navires de débarquement du pétrole.

b) Université de São Paulo – USP.

Le département d'Ingénierie Navale et Océanique appartient à l'Ecole Polytechnique qui maintient un accord avec Petrobrás. Plusieurs projets ont été développés au cours des dernières années parmi lesquels on peut citer :

- Transport d'appui à des opérations "offshore"
- Analyse et dimensionnement de la flotte de ravitailleurs
- Modelage et dimensionnement d'un système de transport et opérations des embarcations de remorquage et maniement des ancres.
- Evaluation du fonctionnement et contrôle des systèmes de transport maritime des fournitures "offshore"
- Modèles hydrodynamiques des F.P.S.O
- Analyse de la stabilité des systèmes d'amarrage
- Développement d'un modèle de simulation des systèmes d'ancrage – DINASIM
- Procédés de synthèse pour les systèmes d'ancrage des unités fluctuantes – Taut Leg Platform

- Projet de conversion des systèmes FPS (Floating Production System) et FPSO (Floating Production Storage et Offloading);
- Critères et systèmes d'amarrage non conventionnels DICAS (Different Complaint Anchoring System)

c) Université de Campinas – UNICAMP – CEPETRO

Le département d'ingénierie du pétrole a été fondé en 1987, quand a commencé le programme de "mestrado" (DEA) en ingénierie du pétrole, fruit d'un accord de coopération scientifique signé entre l'UNICAMP et Petrobrás. Le programme a été créé face à la nécessité de formation de professionnels spécialisés dans les domaines de l'exploration et de la production de pétrole et de gaz, répondant à la demande nationale et internationale de ressources humaines dans l'industrie du pétrole.

En raison du caractère multidisciplinaire du programme et de la masse critique limitée existante à l'origine, le corps professoral permanent a reçu un renforcement sensible de professeurs participants et visitants. La participation externe a été graduellement substituée, au travers de la formation et de l'engagement de docteurs spécialisés dans ce domaine. Actuellement le groupe est composé de huit professeurs permanents, deux professeurs visitants et trois professeurs participants et développe 4 lignes de recherche en ingénierie du pétrole : perforation, remplissage, réservoirs et production. En dehors des activités de recherche, le groupe effectue des enseignements de doctorat, premier cycle universitaire dans le domaine de l'ingénierie du pétrole. Un programme de disciplines de base a été créé pour répondre aux besoins des professionnels de l'industrie du pétrole.

Le laboratoire informatique possède trois réseaux qui relient les stations de travail afin de permettre la réalisation de projets de simulation numérique d'écoulement en milieu poreux, d'écoulement multi-phases de fluides non newtoniens, du comportement mécanique des colonnes de perforation et de la stabilité des puits. Les laboratoires expérimentaux permettent le développement de recherches dans les domaines suivants: fluides de perforation, fracturation hydraulique, méthode miscibles de récupération, méthodes thermiques de récupération, caractérisation pétrophysique des milieux poreux, écoulement multiphase et propriétés des fluides.

Le programme a généré durant ses dix années d'existence des projets financés par la Petrobrás, la FAPESP, le CNPq et des compagnies pétrolières. Récemment, le groupe a été sélectionné parmi les noyaux d'excellence en ingénierie du pétrole dans le cadre du Programme des Noyaux d'Excellence (PRONEX) du Ministère de la Science et de la Technologie.

d) Université Fédérale de Rio de Janeiro – UFRJ – COPPE.

La COPPE – Institut Luiz Alberto Coimbra de Post-Graduation et Recherche en Ingénierie, a été fondée en 1963, étant intégrée au Centre de Technologie de l'Université Fédérale de Rio de Janeiro (UFRJ). Depuis 1977, la COPPE a agit en coopération avec Petrobrás pour le développement de la recherche et la formation de ressources humaines dans le domaine de l'ingénierie offshore. A la fin des années 80, en raison de la demande pour les technologies adaptées aux eaux profondes, des recherches

dans les domaines de la robotique, de l'hydroacoustique, des matériaux et de l'installation d'équipements ont été implantées. Récemment en partenariat avec le centre d'excellence en Géochimie du Pétrole - CENPES, un nouveau secteur scientifique a été créé : Systèmes Pétrolifères.

Recherches en cours :

- Dynamique des systèmes fluctuants pour les eaux profondes; instrumentation océanographique et hydroacoustique; fiabilité des systèmes offshore et ancrage des systèmes flottants; robotique sous-marine (ROVs et manipulateurs); modes d'Échec des Systèmes Structuraux (conduits sous marins rigides et flexibles); inspection et reconnaissances des "micro trincas"; prévention des fractures et de la fatigue des matériaux et des jointures soudées pour les applications offshore; analyse des vibrations et monitoring à l'échelle réelle; systèmes informatiques spécialisés/systèmes intelligents (banques de données, algorithmes, bases de connaissances), "data mining", réalité virtuelle; simulation numérique des réservoirs de pétrole et stabilité des puits horizontaux; systèmes pétrolifères/genèse et migration du pétrole dans les bassins sédimentaires.

e) CENPES – Centre de Recherche Leopoldo A. Miguez de Mello.

Le CENPES est le coordonnateur institutionnel des technologies employées par Petrobrás. Les laboratoires sont situés dans la cité universitaire de l'Université Fédérale de Rio de Janeiro (UFRJ), les chercheurs du Cenpes effectuant des recherches pour tous les secteurs de la compagnie.

Petrobrás est, grâce à ces efforts, le premier dépositeur de brevets d'origine brésilien au Brésil :

Nombre de brevets déposés de 1992 à 1998.

- Procter et Gamble	289
- Hoescht	280
- Johnson	241
- Unilever	198
- Ciba Geigy	196
- Minnesota Mining	193
- IBM	176
- Xerox	160
- Rohm and Haas	154
- Motorola	151
- Eli Lilly	130
- Praxair Technology	124
- Petrobrás	120

En 1992, 1% du chiffre d'affaires brut de Petrobrás a été destiné au CENPES, ce qui place Petrobrás comme la compagnie qui investit le plus en recherche et développement au Brésil. Avec 137 laboratoires et 28 unités-pilotes, les activités du CENPES sont développées dans les domaines suivants :

- Recherche en exploration et production; recherche industrielle; ingénierie de base; coordination des projets technologiques stratégiques de Petrobrás; commercialisation de la technologie et propriété intellectuelle (marques et brevets), chimie analytique.

En dehors des projets de recherche, le CENPES englobe des services techniques en relation avec les activités d'exploration et de production de pétrole. Des travaux sont faits dans les domaines suivants :

- Géochimie, géophysique, ingénierie des réservoirs, production de pétrole et de gaz naturel, biostratigraphie, géologie des réservoirs, technologie des puits, matériaux et équipements, contrôle à distance appliqué à l'industrie du pétrole.

La recherche industrielle recouvre des projets de recherche et développement et des services techniques en relation avec les activités suivantes :

- Traitement du pétrole et des dérivés, raffinage et pétrochimie, technologie des produits, préservation de l'environnement, chimie analytique et caractérisation du pétrole, catalyse et polymères.

Le CENPES développe aussi des recherches en partenariat avec d'autres centres de recherche (données 1995), parmi lesquels :

- PUC/RJ – Pontificale Université Catholique de Rio de Janeiro, financement d'un programme de recherche de 3,3 millions de reais dans les domaines l'intelligence artificielle, PIG, exploration en eaux profondes.
- UFRJ, financement d'un programme de recherche de 1,7 millions de reais dans les domaines du calcul structurel, de la robotique, des catalyseurs, de la corrosion et des biotechnologies
- UNICAMP, financement d'un programme de recherche de 1,1 millions de reais dans les domaines du modelage de réservoirs, de la biotechnologie, de la robotique et de la stabilité des puits.

f) Perspectives de la recherche en exploration pétrolière:

Pétrole sous-marin

- Comportement et positionnement dynamique des systèmes de prospection et production de pétrole sous-marin, y compris les navires de prospection, les plateformes semi-submersibles et auto-élevatrices, les plateformes de production de type "jaqueta" et autres structures flottantes.
- Etudes du lancement d'oléoducs sous-marins sous l'action des ondes et étude des forces sur les tubulations installées dans des fonds irréguliers.
- Etudes visant à améliorer l'intégration entre les plateformes et les embarcations d'appui.
- Analyse du comportement des piliers durant l'insertion sur le fonds de la mer pour les plateformes fixes.

Comportement dynamique des embarcations

- Comportement des embarcations sujettes à l'action des ondes obliques
- Terminaux de transbordement de charges en haute mer : "monobóias" pour les pétroliers et ports fluctuant pour les charges solides en grenier.
- Manoeuvrabilité des embarcations de grande portée et systèmes FPOS pour la production marine de pétrole.

Ingénierie portuaire

- Action des ondes sur les navires à quai, impossible à étudier dans les modèles hydrauliques traditionnels des ports, en raison des imprécisions dues aux petites dimensions des modèles; études de forces sur les structures des quais, les môles et les briseurs d'ondes fluctuants.

Adresses et contacts

Agencia Nacional do Petroleo (ANP)

Rua Senador Dantas, 105/12^o étage
20031-201 Rio de Janeiro - RJ
Tél: (+55) (21) 532-7770 - Fax: (+55) (21) 532-7762
www.anp.gov.br

Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT)

Cidade Universitaria Armando de Salles Oliveira
05508-901 São Paulo - SP
Tél/Fax: (+55) (11) 3767-4002
Contact: Kazuo Hirata - kahirata@ipt.br
www.ipt.br

CEPETRO Unicamp - Universidade de Campinas

Cidade Universitaria - Caixa Postal 6122
13083-970 Campinas - SP
E-mail: anac@fem.unicamp.br
www.cepetro.unicamp.br

Universidade de São Paulo - USP

www.poli.usp.br/departamentos

- PNV - Departamento de Engenharia Naval e Oceanica
Av. Prof. Mello Moraes, 2231 - Cidade Universitaria
05508-900 São Paulo - SP
Tél: (+55) (11) 818-5340 - Fax: (+55) (11) 818-5717
Contacts: Prof. Toshi-ichi Tachibana - tatibana@usp.br
Prof. Kazuo Nishimoto - knishimo@usp.br
Prof. José Augusto Penteadó Aranha - japaran@usp.br

- PQI - Departamento de Engenharia Química
Av. Prof. Luciano Gualberto, travessa 3, N. 380.
05508-900 São Paulo - SP
Tél: (+55) (11) 818-2280 - Fax: (+55) (11) 211-3020
Contacts: Prof. Odair Odloak - odloak@usp.br
Prof. Claudio Augusto Oller do Nascimento - oller@usp.br

Universidade Federal do Rio de Janeiro

Av. Pasteur 250, 2^{ème} étage
22295-900 Rio de Janeiro - RJ
Tél: (+55) (21) 295-1595 - Fax: (+55) (21) 295-2346
www.ufrj.br

Pontificia Universidade Católica do Rio de Janeiro

Rua Marques de São Vicente, 225
22453-900 Rio de Janeiro - RJ
Tél: (+55) (21) 529-9922 - Fax: (+55) (21) 274-4197
www.puc-rio.br

Instituto Brasileiro do Petroleo

Av. Almirante Barroso, 52/2602

Centro

20031-000 Rio de Janeiro - RJ

E-mail: ibp@ibm.net

www.ibp.net

Departamento Nacional de Produção Mineral

S.^aN Quadra 01 Bloco B

70040-200 Brasilia - DF

Tél: (+55) (61) 224-7097 - Fax: (+55) (61) 225-8274

E-mail: webmaster@dnpm.gov.br

www.dnpm.gov.br

Ministerio das Minas e Energia

Esplanada dos Ministerios, Bloco U, sala 801

70065-900 Brasilia - DF

Tél: (+55) (61) 319-5041 - Fax: (+55) (61) 226-1866

Ministre d'Etat: Rodolpho Tourinho Neto

E-mail: ramos@mme.gov.br

www.mme.gov.br

Companhia de Pesquisa de Recursos Naturais - CPRM

Avenida Pasteur, 404 - Urca

22290-240 Rio de Janeiro - RJ

Tél: (+55) (21) 295-0032 poste 290 - Fax: (+55) (21) 295-6347

Contact: Luiz Bernardo Lemos

E-mail derem@crystal.cprm.gov.br

www.cprm.gov.br

Petroleo Brasileiro S/A - Petrobras

Av. Republica do Chili, 65 - sala 401 I

Centro

20035-900 Rio de Janeiro - RJ

Tél: (+55) (21) 534-1540 - Fax: (+55) (21) 534-6055

Contact: Isaias Masetti - masetti@cenpes.petrobras.com.br

E-mail: efpo@petrobras.com.br

www.petrobras.com.br