

CONVENCION INTERNACIONAL DE LA INGENIERIA EN CUBA
CIIC 2010

EVENTO: VI CONFERENCIA DE INGENIERÍA MECÁNICA, ELÉCTRICA E
INDUSTRIAL. CIMEI 2010

TITULO: UTILIZAÇÃO DE DUTOS DESCARTADOS DO GASODUTO COARI-
MANAUS PARA CONFEÇÃO DE PONTE PROVISÓRIA SOBRE O
IGARAPÉ DO CEDRO SEGUNDO A NORMA API 5L X70

Autores:

Doriel Andrade dos Santos¹

dorielandrade@hotmail.com

Jandecy Cabral Leite²

jandecy.cabral@itegam.org.br

Marlene Araújo de Farias³

mafarias@uea.edu.br

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo apresentar uma alternativa de engenharia de construção de uma obra de arte, com o aproveitamento de dutos API 5L X70 descartados do gasoduto Coari-Manaus, no processo de construção de uma ponte provisória sobre o Igarapé do Cedro na floresta amazônica, para viabilizar os transportes de materiais e de trabalhadores para produção da Estação de Compressão - ECOMP Juaruna. Para verificação do comportamento de um elemento da ponte, utilizou-se o programa Ansys 8.0 que aplica o método numérico como análise das tensões e deformações de elementos estruturais submetidos a esforços. Apresenta também uma proposta ambiental de mitigação dos impactos provocados pelos equipamentos na travessia do Igarapé do Cedro e os desafios logísticos de transportes enfrentados pelas empresas na região amazônica.

Palavras-Chaves: Dutos, Produção, Transporte, Meio Ambiente.

1 Doriel Andrade dos Santos é pesquisador do Instituto de Tecnologia Galileo da Amazônia – ITEGAM

2 Jandecy Cabral Leite é pesquisador do Instituto de Tecnologia Galileo da Amazônia – ITEGAM

3 Marlene Araújo de Farias é professora do Programa de Pós-Graduação do Instituto de Tecnologia Galileo da Amazônia – ITEGAM/UFPA.

CONVENCION INTERNACIONAL DE LA INGENIERIA EN CUBA
CIIC 2010

EVENTO: VI CONFERENCIA DE INGENIERÍA MECÁNICA, ELÉCTRICA E
INDUSTRIAL. CIMEI 2010

TITULO: UTILIZAÇÃO DE DUTOS DESCARTADOS DO GASODUTO COARI-MANAUS
PARA CONFEÇÃO DE PONTE PROVISÓRIA SOBRE O IGARAPÉ DO CEDRO
SEGUNDO A NORMA API 5L X70

Autores:

Doriel Andrade dos Santos¹

dorielandrade@hotmail.com

Jandecy Cabral Leite²

jandecy.cabral@itegam.org.br

Marlene Araújo de Farias³

mafarias@uea.edu.br

ABSTRACT

This paper aims to present an alternative construction of an engineering masterpiece, with the use of discarded pipes API 5L X70 pipeline Coari-Manaus, in the process of building a temporary bridge over the Cedar affluent of the Amazon forest, to facilitate the transport of materials and workers to produce the compression station - ECOMP Juaruna. To verify the behavior of an element of the bridge, we used the ANSYS 8.0 program implementing the method as numerical analysis of stresses and deformations of structural elements subjected to stresses. It also presents a proposal for mitigation of environmental impacts caused by the equipment at the crossing of the affluent of the Cedars and the logistical challenges faced by transportation companies in the Amazon region.

Keywords: Pipelines, Production, Transportation, Environment.

1 INTRODUÇÃO

O gasoduto Coari-Manaus está localizado em uma área bastante sensível da floresta amazônica do ponto de vista ecológico e exige um altíssimo padrão de confiabilidade, imbuída pelo respeito ao meio-ambiente e o compromisso com o desenvolvimento sustentável. Os desafios que envolveram a construção do gasoduto foram enormes e continuam com sua operação, manutenção e construção da Estação de Compressão-ECOMPs, por conta, da variação no nível d'água dos rios do Amazonas, entre os períodos de cheia e seca, quando as faixas de servidão e acessos terrestres ao gasoduto ficam submersas em alguns meses do ano e expostas nos outros [RIMA (2004)].

Segundo Neiva (1997), a construção de dutos exige um grande trabalho. As linhas de tubos passam por montanhas, vales, rios e muitas vezes até pelo mar. Depois do traçado da linha vem o estudo topográfico, seguido de questões jurídicas relativas aos terrenos por onde os tubos irão passar. Os serviços de montagem incluem várias operações;

limpeza do local, abertura de valas, transportes e colocação de tubos, soldagem, revestimento dos tubos e por fim a cobertura da vala. Concluída a etapa de construção do duto, as tubulações são recobertas e a superfície por onde passa é totalmente recomposta, sem qualquer conseqüência para o meio ambiente da região para a vida da população. A Petrobras adota regras nacionais e internacionais de segurança nos métodos de projeto, construção e operação para implantação de oleodutos e gasodutos.

A ponte do Igarapé do Cedro fica localizada no km 150 do gasoduto Coari-Manaus especificamente a Clareira 9 em Juaruna, conforme a figura 1. As alterações das características ambientais, como a supressão da vegetação e a alteração da qualidade das águas, que abastecem as comunidades locais foi o fator mais relevante para o projeto da ponte. O maior desafio para qualquer projeto de construção de uma obra de arte no sistema Petrobras, é que, atenda todas as especificações das normas técnicas de construção de pontes e grandes estruturas, observando as questões ambientais, de segurança e de trafegabilidade.

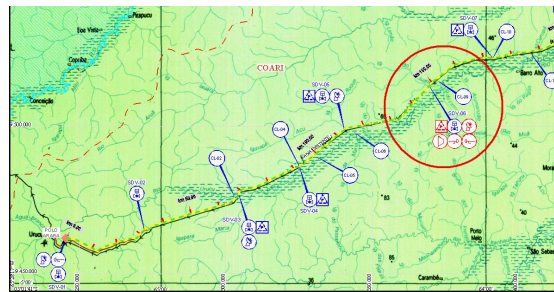


Figura 1: Mapa do gasoduto Coari-Manaus

O acesso terrestre fica localizado no km 152 da faixa do gasoduto URUCU-MANAUS, conforme a figura 2, a mais precisamente no local denominado JUARUNA, no município de Coari-AM, denominada ECOMP JUARUNA.

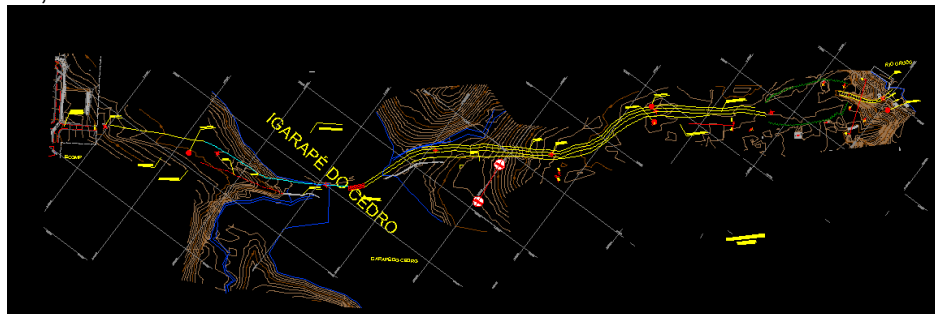


Figura 2: Acesso terrestre da Clareira 9 em Juaruna

2 Geologia Local

No mapeamento geológico local foram identificadas in loco, através da visualização de afloramentos e cortes efetuados na área do Acesso Terrestre à ECOMP, e também, por meio da análise das sondagens executadas, as camadas de solos que compõem a seqüência estratigráfica da área de estudo. Aluviões atuais: na área mapeada estes depósitos podem ser visualizados nas margens do rio Urucu e ao longo do Igarapé do Cedro, formando vales abertos e planícies de inundação. São depósitos de acreção vertical ou de transbordamento e bacias laterais de inundação que consistem de

deposições periódicas de sedimentos efetuadas pelos rios nas épocas das enchentes nas planícies fluviais. Morfologicamente esta é uma área inundável nos períodos de cheia, apresentando características marcantes, como barras sucessivamente estabelecidas e abandonadas, relevo plano típico de planície de acumulação, presença de lagos e canais abandonados. Compõem-se de argilas, siltes e areias predominantemente finas com granulação geralmente decrescente da base para o topo e cascalhos subordinados ao longo da seqüência, coloração cinza-esbranquiçada a cinza-escura com freqüente mosqueamento vermelho. Lâminas limoníticas são visualizadas em corpos d'água pouco profundos e com sedimentos inconsolidados de planície fluvial indiferenciados ou antigos: depositados às margens do rio Urucu e do Igarapé do Cedro, ocupam o leito maior sazonal e são representados por sedimentos trazidos pelo rio e pelo Igarapé. O Igarapé do Cedro caracteriza-se por uma extensa área que se encontra temporariamente alagada, formando depósitos de planícies de inundação. Estes depósitos sedimentares de planícies de inundação são constituídos por sedimentos siltico-argilosos e areias de granulação geralmente fina [RIMA, (2009)].

Foram levantadas topograficamente as cotas do nível do Igarapé do Cedro, do pavimento da ponte e da passarela de pedestre. Esses pontos foram coletados para verificação do comportamento do regime das águas tanto pluvial quanto de contribuição da drenagem do Acesso Terrestre, e com, diferenças de cotas da pista de rolamento da ponte com a cota RN 37.032 em comparação ao nível da água do Igarapé do Cedro RN 35.261 apresenta um desnível de 1.771 mm. Da pista de rolamento da ponte com a cota RN 37.032 em comparação ao nível da passarela cota RN 37.033 apresenta um desnível de 1mm. Da cota da passarela ao nível d'água apresenta um desnível de 1.772mm.

3 Definições de Tubos e Dutos

Tubos são condutos fechados, destinados principalmente ao transporte de fluido (gás ou líquido). Geralmente os tubos são de seção circular, apresentando-se como cilindros ocos. A grande maioria dos tubos funciona como condutos forçados, sem superfície livre, com o fluido tomando toda área da seção transversal. Já o termo tubulação é bastante amplo, e refere-se ao componente industrial representado pelo conjunto de tubos, válvulas, bombas, controladores de fluxo, etc [FBTS (2009)].

Um duto (pipeline) é uma linha de condução de fluido, composto por vários seguimentos, os tubos, unidos normalmente por soldas circunferenciais. Os dutos se destinam ao transportes de fluidos ao longo de grandes distancias, se classificando quanto ao emprego como tubulações de transporte. O oleoduto ou poliduto é um duto destinado ao transporte de petróleo e seus derivados líquidos, podendo também transportar outras variedades de líquidos, como álcool. O gasoduto, por sua vez, se destina ao transporte de grandes volumes de gases, principalmente o gás natural. [Telles(1984)].

4 Fabricação dos Dutos

A fabricação dos dutos para industria de óleo e gás natural segue em grande parte estas normas associadas: API (American Petroleum Instituto) [API (1999 e 2000)] e ASME (American Society of Mechanical Engineers) [ASME (1995)]. Os dutos podem ser fabricados com uma imensa variedade de materiais. As duas categorias principais são: metálicos e não metálicos. Dentre os materiais metálicos, encontram-se os ferrosos e não ferrosos. Os aços-carbono são materiais ferrosos, a base de ferro carbono, podendo apresentar adição de outras ligas para melhora de determinadas propriedades, sendo

então chamados aço-liga. Os dutos de aço-carbono são de uso geral devido ao seu baixo custo, excelentes qualidades mecânicas e facilidade de solda. Por isso representam a grande maioria dos tubos em tubulações industriais, conforme a figura abaixo.



Figura 3- Gasoduto Coari-Manaus trecho B2 em Manacapuru

5 Especificação API 5L

A norma API 5L [API (2000)] possui especificações em relação ao material e processo de fabricação dos dutos. Estabelece dois níveis de especificação dos produtos (PSL – Product Specification Level): PSL 1 e PSL 2. Estas duas designações determinam diferentes níveis de requisitos técnicos padrões, tendo a especificação PSL 2 mais requisitos do que a outra. Para os tubos com costura (solda longitudinal) PSL 1, a porcentagem máxima de carbono é 0,26% para grau B e superiores. O valor fica em 0,22% para PSL 2. Quanto maior a resistência mecânica de um material, que depende de maiores porcentagens de carbono, da adição de ligas e dos processos de fabricação, mais difícil será a realização da solda, exigindo o desenvolvimento de novas tecnologias para os graus API mais elevados [Battelle (2006)].

O material utilizado na análise deste trabalho para construção da ponte de dutos possui as seguintes características: Tubos API 5L-X70, módulo de elasticidade longitudinal E (Gpa) = 207.0, Coeficiente de Poisson $\nu = 0.3$, espessura $e = 0.344''$, revestidos internamente para a redução da formação de pó preto; rugosidade, como consequência do revestimento interno, será de 9 micra atendendo a norma ASME B 31.8. Estas propriedades do material obtidos conforme Choi ET AL. (2003), Hippert Jr. (2004) e Silva (2004).

Os valores adaptados de resistência à tração destes materiais são apresentados na figura 4. Para os aços X70 e X80, as curvas verdadeiras foram obtidas teoricamente a partir do diagrama tensão-deformação de engenharia.

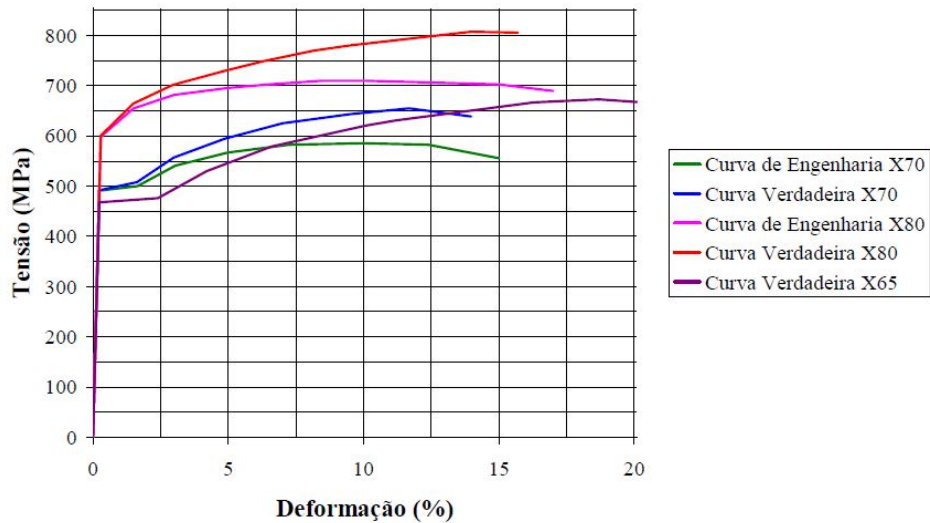


Figura 4 Curva de tensão-deformação de engenharia e verdadeiras para os aços X65, X70 e X80.

6 Análise Comportamental de Um Duto Como Elemento Estrutural da Ponte

Para verificação do comportamento de um elemento da ponte, utilizou-se o programa Ansys 8.0 que aplica o método numérico como análise das tensões e deformações de elementos estruturais submetidos a esforços. O método numérico utilizado pelo programa é o Método dos Elementos Finitos. O Método dos Elementos Finitos, MEF, é um procedimento numérico para solução de problemas da mecânica do contínuo dentro de uma tolerância aceitável. No caso específico do estudo em questão os procedimentos foram o estabelecido pelo programa para gerar um resultado com o objetivo de estabelecer parâmetros de comparação com o comportamento dos dutos submetidos a esforços verificados “in-loco” com a aplicação de uma prova de carga. A carga real aplicada foi de dois equipamentos com um peso total de 100 toneladas em toda a extensão da ponte. Na modelagem numérica procurou-se uma situação mais desfavorável possível com aplicação de uma carga superior a aplicada no local. Como em qualquer programa que utiliza o Método dos Elementos Finitos, o elemento ou conjunto de elementos estruturais para a análise deve ser dividido em partes menores (discretização do modelo). A discretização consiste em modelar o corpo pela divisão em um sistema equivalente de corpos menores, ou unidades, (elementos finitos) interconectados em pontos comuns a dois ou mais elementos (nós ou pontos nodais), incluindo as condições de contorno (apoios) e os carregamentos. A figura 1 mostra o elemento existente na biblioteca do programa utilizado para a análise do comportamento estrutural de um tubo da ponte.

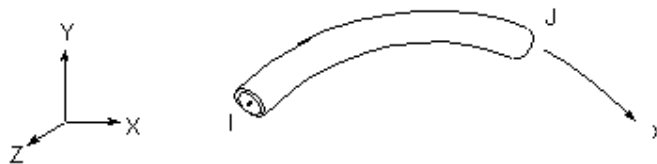


Figura 5: PIPE18 - Elastic Curved Pipe (Elbow)

No estudo em questão o elemento foi discretizado em partes de 20 mm e conectados através de nós para uma maior confiabilidade no resultado da análise.

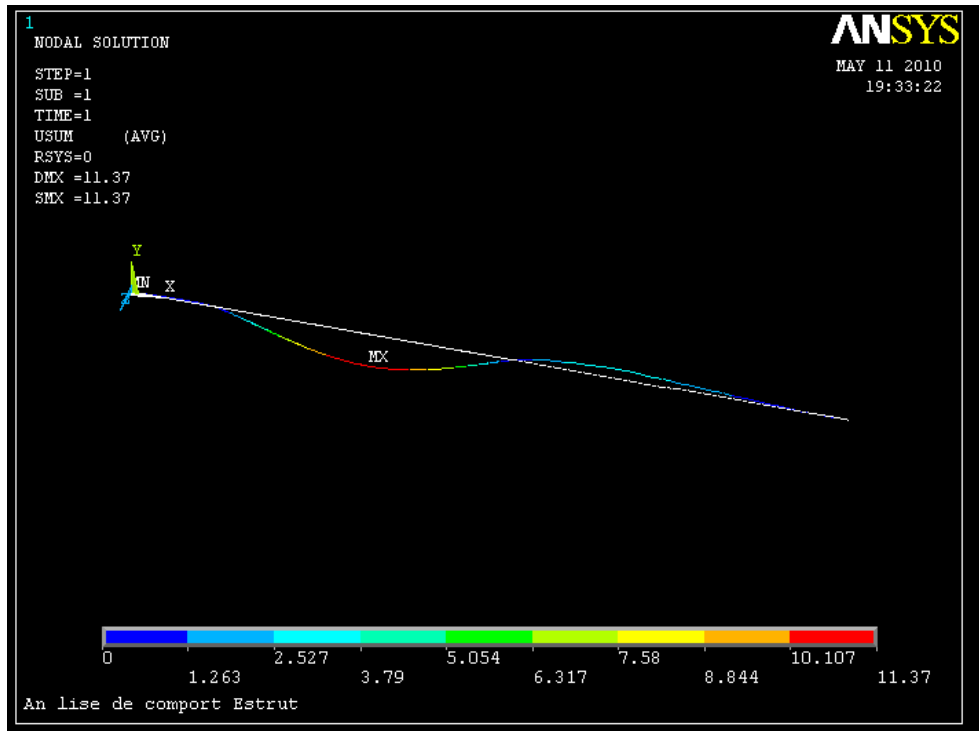


Figura 6: Linha de Influência de um elemento da Ponte.

A carga vertical equivalente aplicado em cada nó foi de 5000N/mm^2 , o que provocou o resultado da uma linha de influência conforme figura 2. Os esforços resultantes nos nós do elemento estão relacionados na Tabela 1.

PRINT U	NODAL SOLUTION PER NODE	30	0.0000	0.30401	0.0000	0.30401			
POST1	NODAL DEGREE OF FREEDOM LISTING	31	0.0000	0.31430	0.0000	0.31430			
LOAD STEP=	1 SUBSTEP=	32	0.0000	0.32424	0.0000	0.32424			
TIME=	1.0000 LOAD CASE=	34	0.0000	0.34297	0.0000	0.34297			
	0	35	0.0000	0.35169	0.0000	0.35169			
	THE FOLLOWING DEGREE OF FREEDOM RESULTS ARE	36	0.0000	0.35993	0.0000	0.35993			
	IN GLOBAL COORDINATES								
NODE	UX	UY	UZ	USUM	POST1	NODAL DEGREE OF FREEDOM LISTING			
2	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000		THE FOLLOWING DEGREE OF FREEDOM RESULTS ARE			
4	0.0000	0.16526E-01	0.0000	0.16526E-01		IN GLOBAL COORDINATES			
6	0.0000	0.34603E-01	0.0000	0.34603E-01	NODE	UX	UY	UZ	USUM
8	0.0000	0.54064E-01	0.0000	0.54064E-01	38	0.0000	0.37484	0.0000	0.37484
10	0.0000	0.74734E-01	0.0000	0.74734E-01	40	0.0000	0.38740	0.0000	0.38740
12	0.0000	0.96431E-01	0.0000	0.96431E-01	42	0.0000	0.39731	0.0000	0.39731
14	0.0000	0.11897	0.0000	0.11897	44	0.0000	0.40426	0.0000	0.40426
16	0.0000	0.14214	0.0000	0.14214	46	0.0000	0.40794	0.0000	0.40794
18	0.0000	0.16575	0.0000	0.16575	48	0.0000	0.40803	0.0000	0.40803
20	0.0000	0.18958	0.0000	0.18958	50	0.0000	0.40419	0.0000	0.40419
22	0.0000	0.21341	0.0000	0.21341	51	0.0000	0.40069	0.0000	0.40069
24	0.0000	0.23701	0.0000	0.23701	52	0.0000	0.39608	0.0000	0.39608
25	0.0000	0.24865	0.0000	0.24865	53	0.0000	0.39032	0.0000	0.39032
26	0.0000	0.26014	0.0000	0.26014	54	0.0000	0.38336	0.0000	0.38336
28	0.0000	0.28256	0.0000	0.28256	55	0.0000	0.37515	0.0000	0.37515

56	0.0000	0.36566	0.0000	0.36566
57	0.0000	0.35484	0.0000	0.35484
58	0.0000	0.34264	0.0000	0.34264
59	0.0000	0.32901	0.0000	0.32901
60	0.0000	0.31391	0.0000	0.31391
61	0.0000	0.29729	0.0000	0.29729
62	0.0000	0.27910	0.0000	0.27910
63	0.0000	0.25929	0.0000	0.25929
64	0.0000	0.23782	0.0000	0.23782
65	0.0000	0.21463	0.0000	0.21463
66	0.0000	0.18968	0.0000	0.18968
67	0.0000	0.16291	0.0000	0.16291
68	0.0000	0.13427	0.0000	0.13427
69	0.0000	0.10371	0.0000	0.10371
70	0.0000	0.71181E-01	0.0000	0.71181E-01
71	0.0000	0.36629E-01	0.0000	0.36629E-01
72	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
73	0.0000	-0.86807E-01	0.0000	0.86807E-01
74	0.0000	-0.17568	0.0000	0.17568

POST1 NODAL DEGREE OF FREEDOM LISTING
LOAD STEP= 1 SUBSTEP= 1
TIME= 1.0000 LOAD CASE= 0
THE FOLLOWING DEGREE OF FREEDOM RESULTS ARE
IN GLOBAL COORDINATES

NODE	UX	UY	UZ	USUM
75	0.0000	-0.26656	0.0000	0.26656
76	0.0000	-0.35937	0.0000	0.35937
77	0.0000	-0.45406	0.0000	0.45406
78	0.0000	-0.55056	0.0000	0.55056
79	0.0000	-0.64882	0.0000	0.64882
80	0.0000	-0.74876	0.0000	0.74876
81	0.0000	-0.85034	0.0000	0.85034
82	0.0000	-0.95348	0.0000	0.95348
83	0.0000	-1.0581	0.0000	1.0581
84	0.0000	-1.1642	0.0000	1.1642
85	0.0000	-1.2717	0.0000	1.2717
86	0.0000	-1.3806	0.0000	1.3806
87	0.0000	-1.4907	0.0000	1.4907
88	0.0000	-1.6020	0.0000	1.6020
89	0.0000	-1.7145	0.0000	1.7145
90	0.0000	-1.8280	0.0000	1.8280
91	0.0000	-1.9427	0.0000	1.9427
92	0.0000	-2.0583	0.0000	2.0583
93	0.0000	-2.1749	0.0000	2.1749
94	0.0000	-2.2923	0.0000	2.2923
95	0.0000	-2.4106	0.0000	2.4106
96	0.0000	-2.5296	0.0000	2.5296
97	0.0000	-2.6494	0.0000	2.6494
98	0.0000	-2.7698	0.0000	2.7698
99	0.0000	-2.8909	0.0000	2.8909
100	0.0000	-3.0125	0.0000	3.0125
101	0.0000	-3.1347	0.0000	3.1347
102	0.0000	-3.2573	0.0000	3.2573
103	0.0000	-3.3803	0.0000	3.3803
104	0.0000	-3.5037	0.0000	3.5037
105	0.0000	-3.6274	0.0000	3.6274
106	0.0000	-3.7514	0.0000	3.7514

107	0.0000	-3.8756	0.0000	3.8756
108	0.0000	-3.9999	0.0000	3.9999
109	0.0000	-4.1244	0.0000	4.1244
110	0.0000	-4.2490	0.0000	4.2490
111	0.0000	-4.3736	0.0000	4.3736

POST1 NODAL DEGREE OF FREEDOM LISTING
POST1 NODAL DEGREE OF FREEDOM LISTING
LOAD STEP= 1 SUBSTEP= 1
TIME= 1.0000 LOAD CASE= 0
THE FOLLOWING DEGREE OF FREEDOM RESULTS ARE
IN GLOBAL COORDINATES

NODE	UX	UY	UZ	USUM
112	0.0000	-4.4982	0.0000	4.4982
113	0.0000	-4.6227	0.0000	4.6227
114	0.0000	-4.7472	0.0000	4.7472
115	0.0000	-4.8715	0.0000	4.8715
116	0.0000	-4.9956	0.0000	4.9956
117	0.0000	-5.1194	0.0000	5.1194
118	0.0000	-5.2430	0.0000	5.2430
119	0.0000	-5.3663	0.0000	5.3663
120	0.0000	-5.4892	0.0000	5.4892
121	0.0000	-5.6117	0.0000	5.6117
122	0.0000	-5.7337	0.0000	5.7337
123	0.0000	-5.8553	0.0000	5.8553
124	0.0000	-5.9764	0.0000	5.9764
125	0.0000	-6.0969	0.0000	6.0969
126	0.0000	-6.2168	0.0000	6.2168
127	0.0000	-6.3360	0.0000	6.3360
128	0.0000	-6.4546	0.0000	6.4546
129	0.0000	-6.5725	0.0000	6.5725
130	0.0000	-6.6896	0.0000	6.6896
131	0.0000	-6.8060	0.0000	6.8060
132	0.0000	-6.9215	0.0000	6.9215
133	0.0000	-7.0361	0.0000	7.0361
134	0.0000	-7.1499	0.0000	7.1499
135	0.0000	-7.2628	0.0000	7.2628
136	0.0000	-7.3746	0.0000	7.3746
137	0.0000	-7.4855	0.0000	7.4855
138	0.0000	-7.5954	0.0000	7.5954
139	0.0000	-7.7042	0.0000	7.7042
140	0.0000	-7.8119	0.0000	7.8119
141	0.0000	-7.9185	0.0000	7.9185
142	0.0000	-8.0240	0.0000	8.0240
143	0.0000	-8.1282	0.0000	8.1282
144	0.0000	-8.2313	0.0000	8.2313
145	0.0000	-8.3331	0.0000	8.3331
146	0.0000	-8.4336	0.0000	8.4336
147	0.0000	-8.5328	0.0000	8.5328
148	0.0000	-8.6308	0.0000	8.6308

POST1 NODAL DEGREE OF FREEDOM LISTING *****
LOAD STEP= 1 SUBSTEP= 1
TIME= 1.0000 LOAD CASE= 0
THE FOLLOWING DEGREE OF FREEDOM RESULTS ARE
IN GLOBAL COORDINATES

NODE	UX	UY	UZ	USUM
149	0.0000	-8.7273	0.0000	8.7273
150	0.0000	-8.8225	0.0000	8.8225

151	0.0000	-8.9163	0.0000	8.9163
152	0.0000	-9.0086	0.0000	9.0086
153	0.0000	-9.0995	0.0000	9.0995
154	0.0000	-9.1889	0.0000	9.1889
155	0.0000	-9.2767	0.0000	9.2767
156	0.0000	-9.3631	0.0000	9.3631
157	0.0000	-9.4479	0.0000	9.4479
158	0.0000	-9.5311	0.0000	9.5311
159	0.0000	-9.6127	0.0000	9.6127
160	0.0000	-9.6927	0.0000	9.6927
161	0.0000	-9.7711	0.0000	9.7711
162	0.0000	-9.8478	0.0000	9.8478
163	0.0000	-9.9227	0.0000	9.9227
164	0.0000	-9.9960	0.0000	9.9960
165	0.0000	-10.068	0.0000	10.068
166	0.0000	-10.137	0.0000	10.137
167	0.0000	-10.205	0.0000	10.205
168	0.0000	-10.272	0.0000	10.272
169	0.0000	-10.336	0.0000	10.336
170	0.0000	-10.399	0.0000	10.399
171	0.0000	-10.460	0.0000	10.460
172	0.0000	-10.519	0.0000	10.519
173	0.0000	-10.576	0.0000	10.576
174	0.0000	-10.631	0.0000	10.631
175	0.0000	-10.684	0.0000	10.684
176	0.0000	-10.736	0.0000	10.736
177	0.0000	-10.785	0.0000	10.785
178	0.0000	-10.833	0.0000	10.833
179	0.0000	-10.879	0.0000	10.879
180	0.0000	-10.922	0.0000	10.922
181	0.0000	-10.964	0.0000	10.964
182	0.0000	-11.004	0.0000	11.004
183	0.0000	-11.041	0.0000	11.041
184	0.0000	-11.077	0.0000	11.077
185	0.0000	-11.111	0.0000	11.111

POST1 NODAL DEGREE OF FREEDOM LISTING *****
LOAD STEP= 1 SUBSTEP= 1
TIME= 1.0000 LOAD CASE= 0
THE FOLLOWING DEGREE OF FREEDOM RESULTS ARE
IN GLOBAL COORDINATES

NODE	UX	UY	UZ	USUM
186	0.0000	-11.142	0.0000	11.142
187	0.0000	-11.172	0.0000	11.172
188	0.0000	-11.200	0.0000	11.200
189	0.0000	-11.225	0.0000	11.225
190	0.0000	-11.249	0.0000	11.249
191	0.0000	-11.270	0.0000	11.270
192	0.0000	-11.290	0.0000	11.290
193	0.0000	-11.307	0.0000	11.307
194	0.0000	-11.322	0.0000	11.322
195	0.0000	-11.335	0.0000	11.335
196	0.0000	-11.346	0.0000	11.346
197	0.0000	-11.355	0.0000	11.355
198	0.0000	-11.362	0.0000	11.362
199	0.0000	-11.367	0.0000	11.367
200	0.0000	-11.370	0.0000	11.370
201	0.0000	-11.370	0.0000	11.370

202	0.0000	-11.369	0.0000	11.369
203	0.0000	-11.365	0.0000	11.365
204	0.0000	-11.360	0.0000	11.360
205	0.0000	-11.352	0.0000	11.352
206	0.0000	-11.342	0.0000	11.342
207	0.0000	-11.330	0.0000	11.330
208	0.0000	-11.316	0.0000	11.316
209	0.0000	-11.299	0.0000	11.299
210	0.0000	-11.281	0.0000	11.281
211	0.0000	-11.261	0.0000	11.261
212	0.0000	-11.238	0.0000	11.238
213	0.0000	-11.214	0.0000	11.214
214	0.0000	-11.187	0.0000	11.187
215	0.0000	-11.158	0.0000	11.158
216	0.0000	-11.127	0.0000	11.127
217	0.0000	-11.095	0.0000	11.095
218	0.0000	-11.060	0.0000	11.060
219	0.0000	-11.023	0.0000	11.023
220	0.0000	-10.984	0.0000	10.984
221	0.0000	-10.943	0.0000	10.943
222	0.0000	-10.899	0.0000	10.899

POST1 NODAL DEGREE OF FREEDOM LISTING
LOAD STEP= 1 SUBSTEP= 1
THE FOLLOWING DEGREE OF FREEDOM RESULTS ARE
IN GLOBAL COORDINATES

NODE	UX	UY	UZ	USUM
224	0.0000	-10.807	0.0000	10.807
226	0.0000	-10.707	0.0000	10.707
230	0.0000	-10.483	0.0000	10.483
232	0.0000	-10.359	0.0000	10.359
234	0.0000	-10.228	0.0000	10.228
236	0.0000	-10.090	0.0000	10.090
238	0.0000	-9.9436	0.0000	9.9436
240	0.0000	-9.7903	0.0000	9.7903
242	0.0000	-9.6300	0.0000	9.6300
244	0.0000	-9.4627	0.0000	9.4627
246	0.0000	-9.2887	0.0000	9.2887
248	0.0000	-9.1080	0.0000	9.1080
250	0.0000	-8.9209	0.0000	8.9209
252	0.0000	-8.7276	0.0000	8.7276
254	0.0000	-8.5282	0.0000	8.5282
256	0.0000	-8.3229	0.0000	8.3229
258	0.0000	-8.1119	0.0000	8.1119

POST1 NODAL DEGREE OF FREEDOM LISTING *****
LOAD STEP= 1 SUBSTEP= 1
THE FOLLOWING DEGREE OF FREEDOM RESULTS ARE
IN GLOBAL COORDINATES

NODE	UX	UY	UZ	USUM
260	0.0000	-7.8955	0.0000	7.8955
262	0.0000	-7.6739	0.0000	7.6739
264	0.0000	-7.4472	0.0000	7.4472
266	0.0000	-7.2158	0.0000	7.2158
268	0.0000	-6.9798	0.0000	6.9798
269	0.0000	-6.8602	0.0000	6.8602
270	0.0000	-6.7395	0.0000	6.7395
271	0.0000	-6.6179	0.0000	6.6179
272	0.0000	-6.4953	0.0000	6.4953

274 0.0000 -6.2472 0.0000 6.2472
 275 0.0000 -6.1219 0.0000 6.1219
 276 0.0000 -5.9957 0.0000 5.9957
 278 0.0000 -5.7410 0.0000 5.7410
 282 0.0000 -5.2232 0.0000 5.2232
 284 0.0000 -4.9606 0.0000 4.9606
 286 0.0000 -4.6961 0.0000 4.6961
 287 0.0000 -4.5632 0.0000 4.5632
 288 0.0000 -4.4299 0.0000 4.4299
 289 0.0000 -4.2963 0.0000 4.2963
 290 0.0000 -4.1624 0.0000 4.1624
 292 0.0000 -3.8939 0.0000 3.8939
 294 0.0000 -3.6247 0.0000 3.6247
 296 0.0000 -3.3553 0.0000 3.3553

POST1 NODAL DEGREE OF FREEDOM LISTING

LOAD STEP= 1 SUBSTEP= 1

THE FOLLOWING DEGREE OF FREEDOM RESULTS ARE
 IN GLOBAL COORDINATES

NODE	UX	UY	UZ	USUM
298	0.0000	-3.0859	0.0000	3.0859
300	0.0000	-2.8169	0.0000	2.8169
302	0.0000	-2.5487	0.0000	2.5487
304	0.0000	-2.2817	0.0000	2.2817
306	0.0000	-2.0163	0.0000	2.0163
308	0.0000	-1.7529	0.0000	1.7529
309	0.0000	-1.6221	0.0000	1.6221
310	0.0000	-1.4919	0.0000	1.4919
312	0.0000	-1.2337	0.0000	1.2337
314	0.0000	-0.97875	0.0000	0.97875
316	0.0000	-0.72745	0.0000	0.72745
318	0.0000	-0.48026	0.0000	0.48026
320	0.0000	-0.23763	0.0000	0.23763

322 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000
 324 0.0000 1.7623 0.0000 1.7623
 326 0.0000 2.7417 0.0000 2.7417
 328 0.0000 3.1119 0.0000 3.1119
 330 0.0000 3.0311 0.0000 3.0311
 332 0.0000 2.6422 0.0000 2.6422

POST1 NODAL DEGREE OF FREEDOM LISTING
 THE FOLLOWING DEGREE OF FREEDOM RESULTS ARE
 IN GLOBAL COORDINATES

NODE	UX	UY	UZ	USUM
334	0.0000	2.0727	0.0000	2.0727
336	0.0000	1.4346	0.0000	1.4346
337	0.0000	1.1207	0.0000	1.1207
338	0.0000	0.82479	0.0000	0.82479
339	0.0000	0.55650	0.0000	0.55650
340	0.0000	0.32458	0.0000	0.32458
341	0.0000	0.13681	0.0000	0.13681
342	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
344	0.0000	-0.17068E-01	0.0000	0.17068E-01
346	0.0000	-0.29897E-01	0.0000	0.29897E-01
348	0.0000	-0.38607E-01	0.0000	0.38607E-01
350	0.0000	-0.43346E-01	0.0000	0.43346E-01
352	0.0000	-0.44289E-01	0.0000	0.44289E-01
354	0.0000	-0.41635E-01	0.0000	0.41635E-01
356	0.0000	-0.35612E-01	0.0000	0.35612E-01
358	0.0000	-0.26474E-01	0.0000	0.26474E-01
360	0.0000	-0.14501E-01	0.0000	0.14501E-01

MAXIMUM ABSOLUTE VALUES

NODE	0	201	0	201
VALUE	0.0000	-11.370	0.0000	11.370





Figura 7: Construção da Ponte sobre o Igarapé do Cedro

7 CONCLUSÃO

No estudo de Viabilidade Técnica Econômica, Ambiental e Social – EVTAS da ponte provisória apresentou resultados satisfatórios para a sua implantação.

Na análise estrutural através do programa ANSY 8.0 demonstrou resultados satisfatórios, com aplicação de cargas de diversas e pontuais, com valores acima exigidos em projeto, para verificação do comportamento estrutural da ponte. Com a concretagem do tabuleiro da ponte permitiu a distribuição uniforme das cargas o que possibilitou um aumento significativo da resistência estrutural em toda a sua extensão.

O projeto de implantação da ponte provisória apresentou facilidade e rapidez na montagem e desmontagem dos dutos, possibilitando recuperação de áreas degradadas com baixo custo e impactos ambientais e o aproveitamento do material em outras áreas de construção na faixa do gasoduto Coari-Manaus.

O projeto viabilizou o tráfego de materiais pesados e a produção na ECOMP Juaruna.

AGRADECIMENTOS: Ao professor Lourival Paula de Goes da Universidade Estadual do Amazonas (UEA) e a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas (FAPEAM) pelo apoio financeiro dado a está pesquisa através da Bolsa de Estudo ao Programa de Pós-Graduação da Universidade Federal do Pará (UFPA). Ao Instituto de Tecnologia Galileo da Amazônia – ITEGAM.

REFERÊNCIAS

ANP, Agência Nacional do Petróleo. (acessado em janeiro de 2006).
http://www.anp.gov.br/conheca/anuário_2004.asp

API, “**Specification for Line Pipe – Specification 5L**”, 42 edition, American Petroleum Institute, Washington, 2000.

ASME, “**Gas Transmission and Distribution Piping Systems – ASME B31.8**”, The American Society of Mechanical Engineers, New York, 1995.

ASME, “**Manual for Determining the Remaining Strength of Corroded Pipelines – A Supplement to ASME B31 Code for Pressure Piping**”, The American Society of Mechanical Engineers, New York, 1991.

BATTELLE, Battlle Science and Tecnology International. (acessado em janeiro de 2006)
<http://www.battelle.org>

BRANCO, C. A. G., “**Mecânica dos Materiais: Teoria e Aplicações**”, McGraw Hill, Lisboa, 1989.

CHOI, J. B.; GOO, B. .; KIM, J.C.; et al., “**Development of Limit Load Solutions for Corroded Gas Pipelines**”, Int. J. Pres. Ves. Piping, v.80, p.121-128, 2003.

HIPPERT JR, E., “**Investigação Experimental do Comportamento Dúctil de Aços API-X70 e Aplicação de Curvas de Resistência $J-\Delta a$ para Previsão de Colapso e Dutos**”, Escola Politécnica da USP, Engenharia Naval e Oceânica, Tese de Doutorado, 143., São Paulo, 2004.

NEIVA, Z., “**Conheça o Gás Natural**”, Grifo, Rio de Janeiro, 1997.

NEIVA, Z., “**Conheça o Petróleo**”, Ao Livro Técnico, Rio de Janeiro, 1986.

TELLES, P.C.S., “**Tubulações Industriais**”, Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., São Paulo, 1984.

TENARIS CONFAB. (acessado em janeiro de 2006)

HTTP://www.tenaris.com/pt/confab/prodser_proceso_sawlong.asp

TRANSPETRO. (acessado em janeiro de 2006). <http://www.transpetro.com.br>

RELATÓRIO DE IMPACTOS AMBIENTAIS – **Gasoduto Coari-Manaus- RIMA:**

Universidade Federal do Amazonas – UFAM, Manaus, 2004.

USIMINAS. (acessado em janeiro de 2006). <http://www.usiminas.com.br/produtos/>