

CAP 6 – ANÁLISE DETERMINÍSTICA DAS MEDIDAS

Neste capítulo será feita uma análise determinística das medidas realizadas no Campo de Santana, caracterizando-se, inicialmente, a atenuação de percurso. Em seguida, será determinado o ganho de altura e serão feitas algumas considerações sobre a polarização da onda eletromagnética. Finalmente, serão apresentados os resultados obtidos com o modelo de Tamir.

6.1 DETERMINAÇÃO DA ATENUAÇÃO DE PERCURSO

Para se determinar a atenuação de percurso, em cada ponto de medição foi utilizada a média do campo recebido, em dBm, e exemplos de resultados obtidos estão apresentados nas figuras 6.1-a a 6.1-f. A rotina utilizada para obtenção destas medidas foi relatada no item 4.2. Nestas figuras, os círculos cheios (●) representam a atenuação de propagação (medida) em dBm e (I) representa o desvio padrão da atenuação em torno da média.

A linha reta mostra o resultado obtido através de ajustamento a uma equação do tipo $[y=a+b*\log_{10}(x)]$. Além disso, foi feito um ajustamento a um polinômio de 3º grau do tipo $[y=ax^3+bx^2+cx+d]$ e alguns exemplos estão apresentados nas figuras 6.2-a a 6.2-c.

O Campo de Santana possui 3 regiões(trechos) bem definidos: a região inicial coberta por vegetação (250m a 450 m), a região aberta (450m a 550m) e a região final coberta por vegetação (550m a 700m).

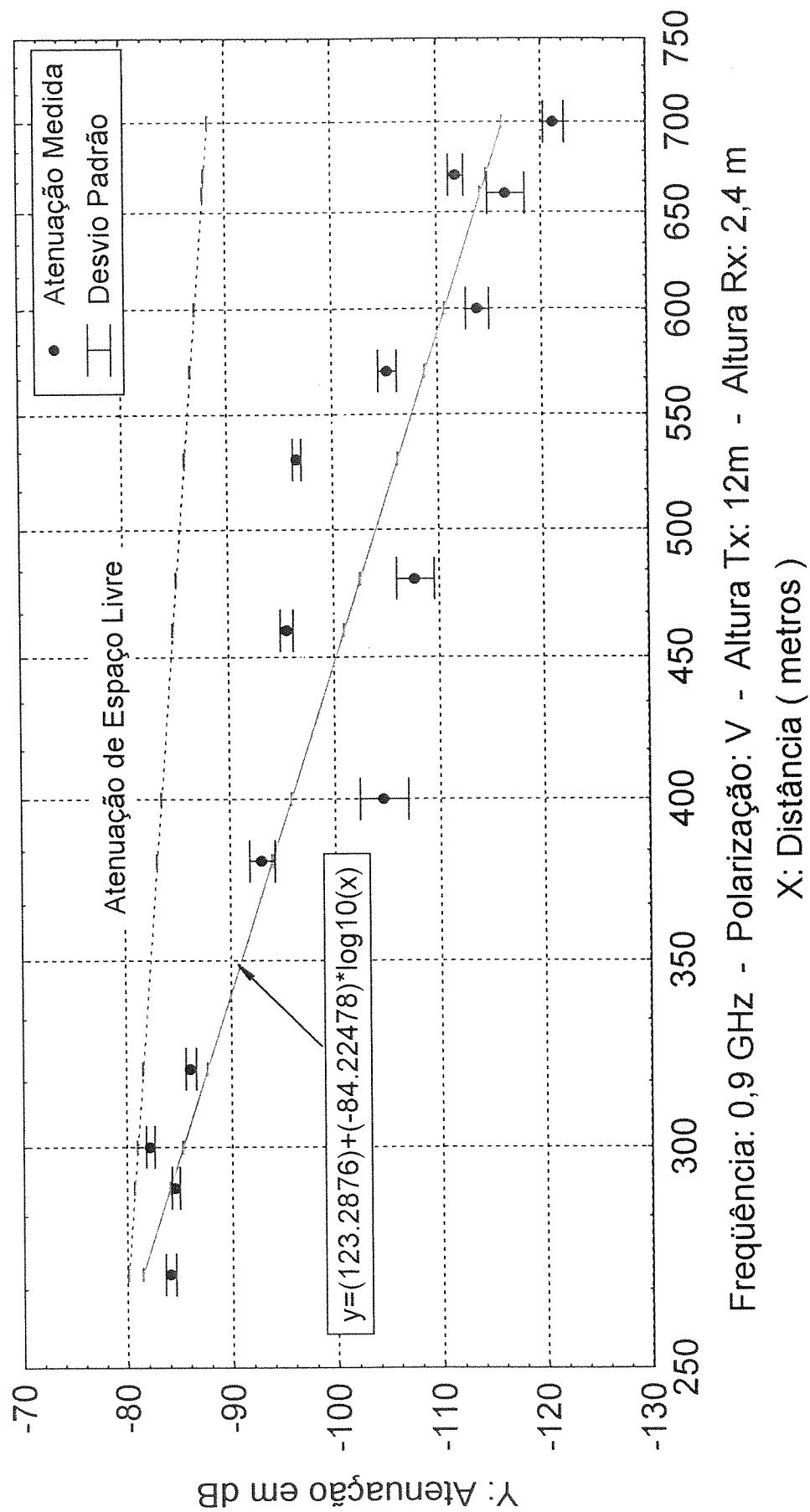


Fig. 6.1-a Atenuação de propagação em função da distância

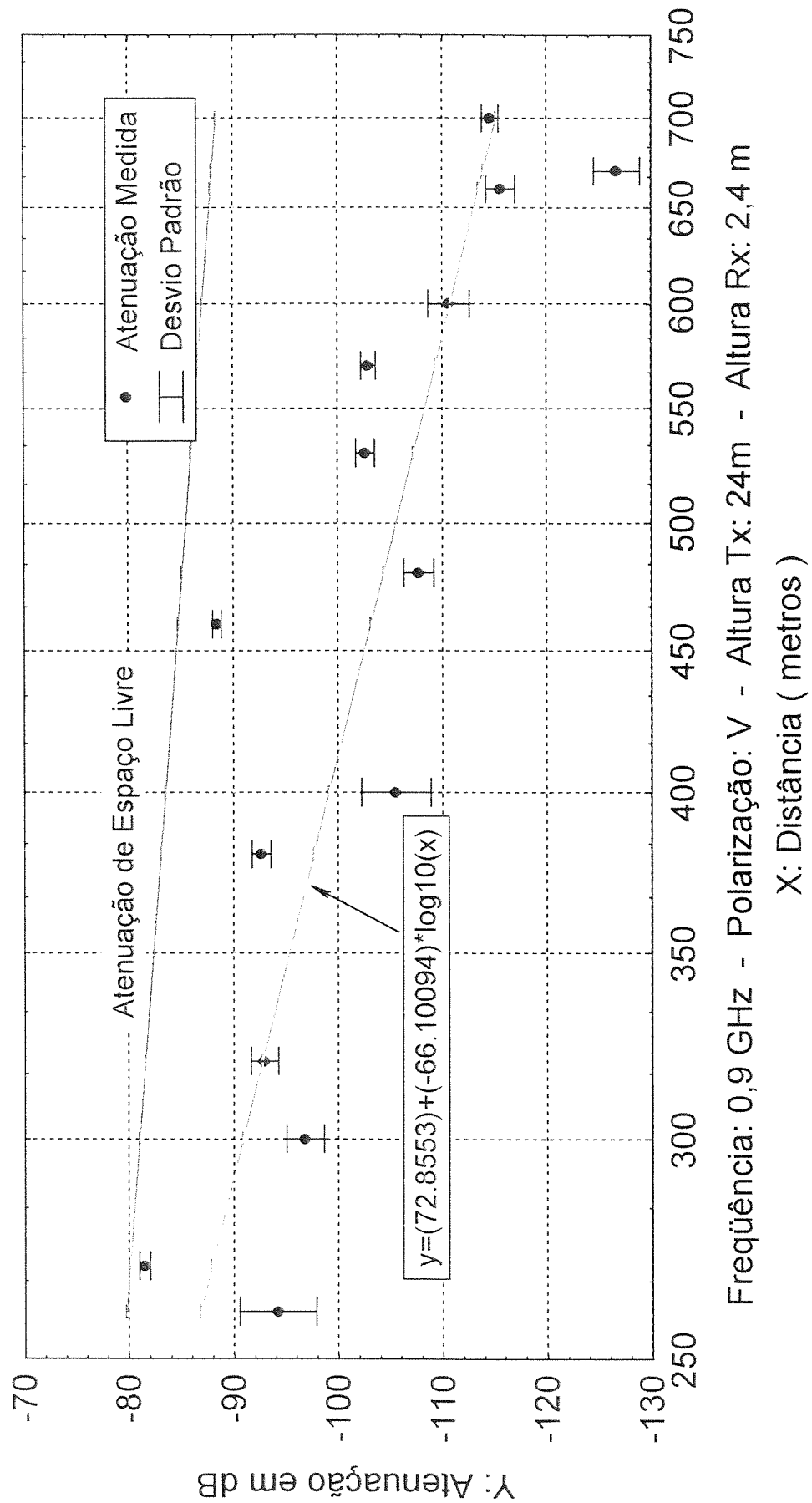
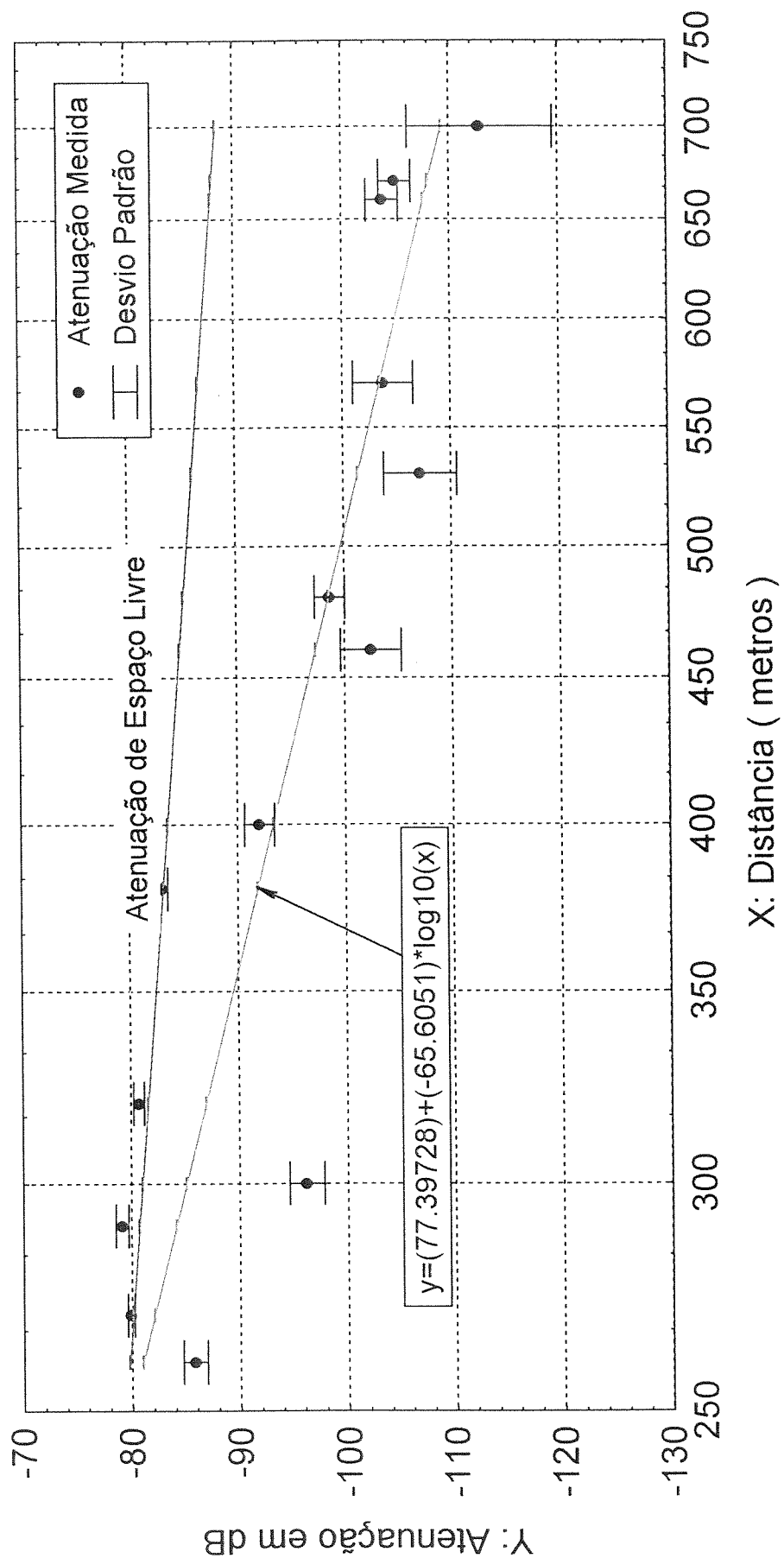


Fig. 6.1-b Atenuação de propagação em função da distância



Frequência: 0,9 GHz - Polarização: V - Altura Tx: 48m - Altura Rx: 2,4 m

Fig. 6.1-c Atenuação de propagação em função da distância

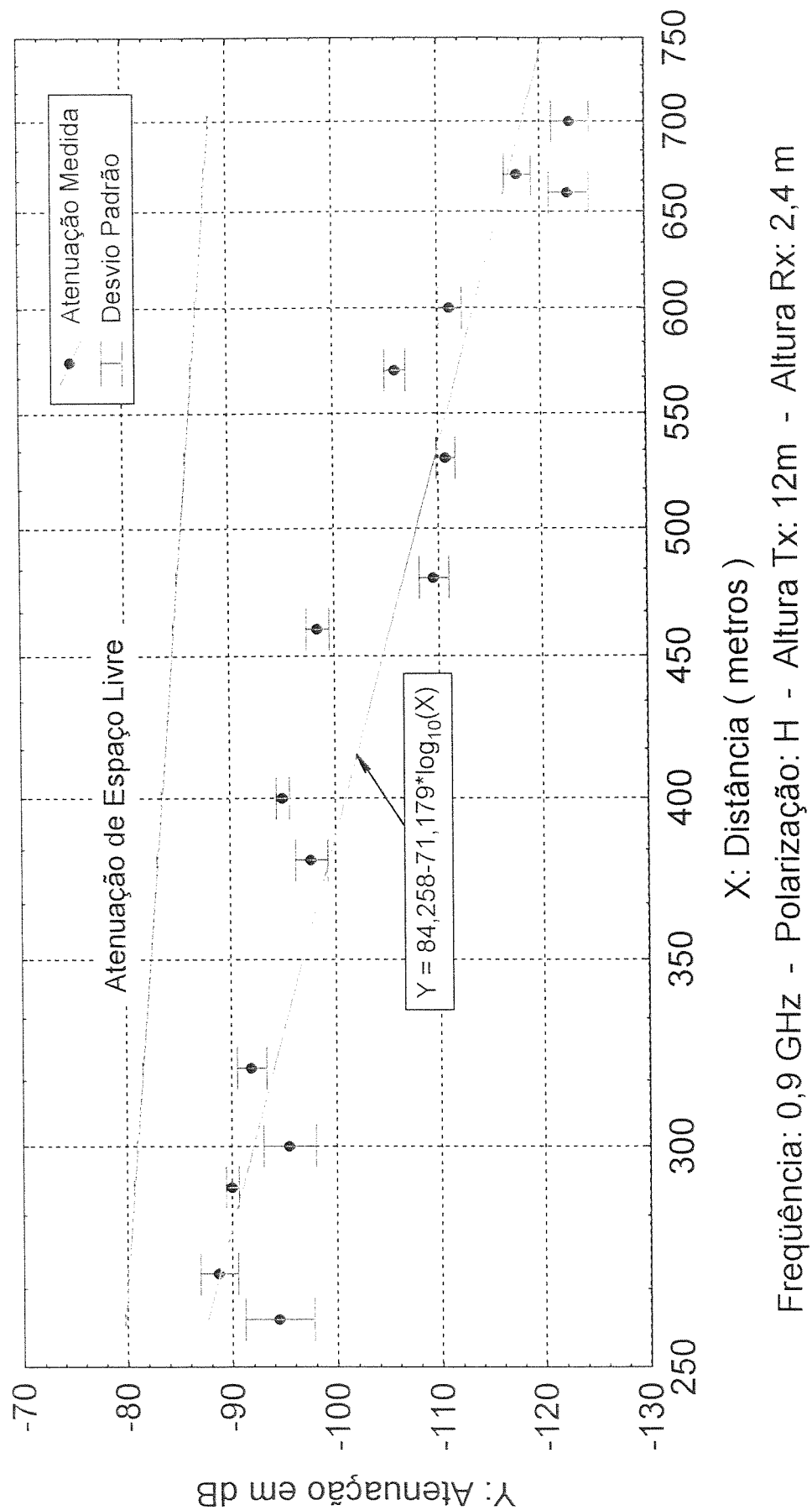


Fig. 6.1-d Atenuação de propagação em função da distância

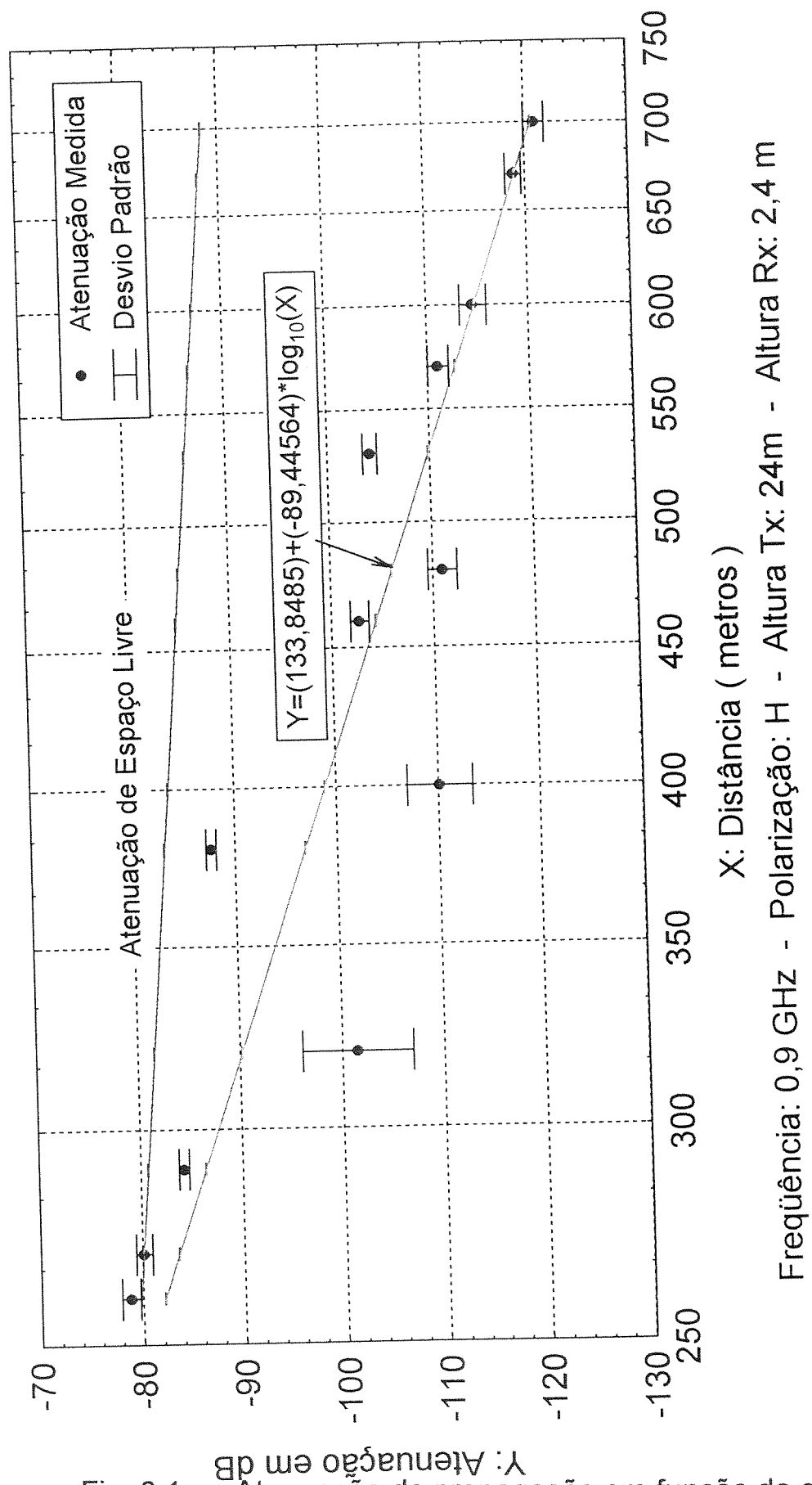


Fig. 6.1-e Atenuação de propagação em função da distância

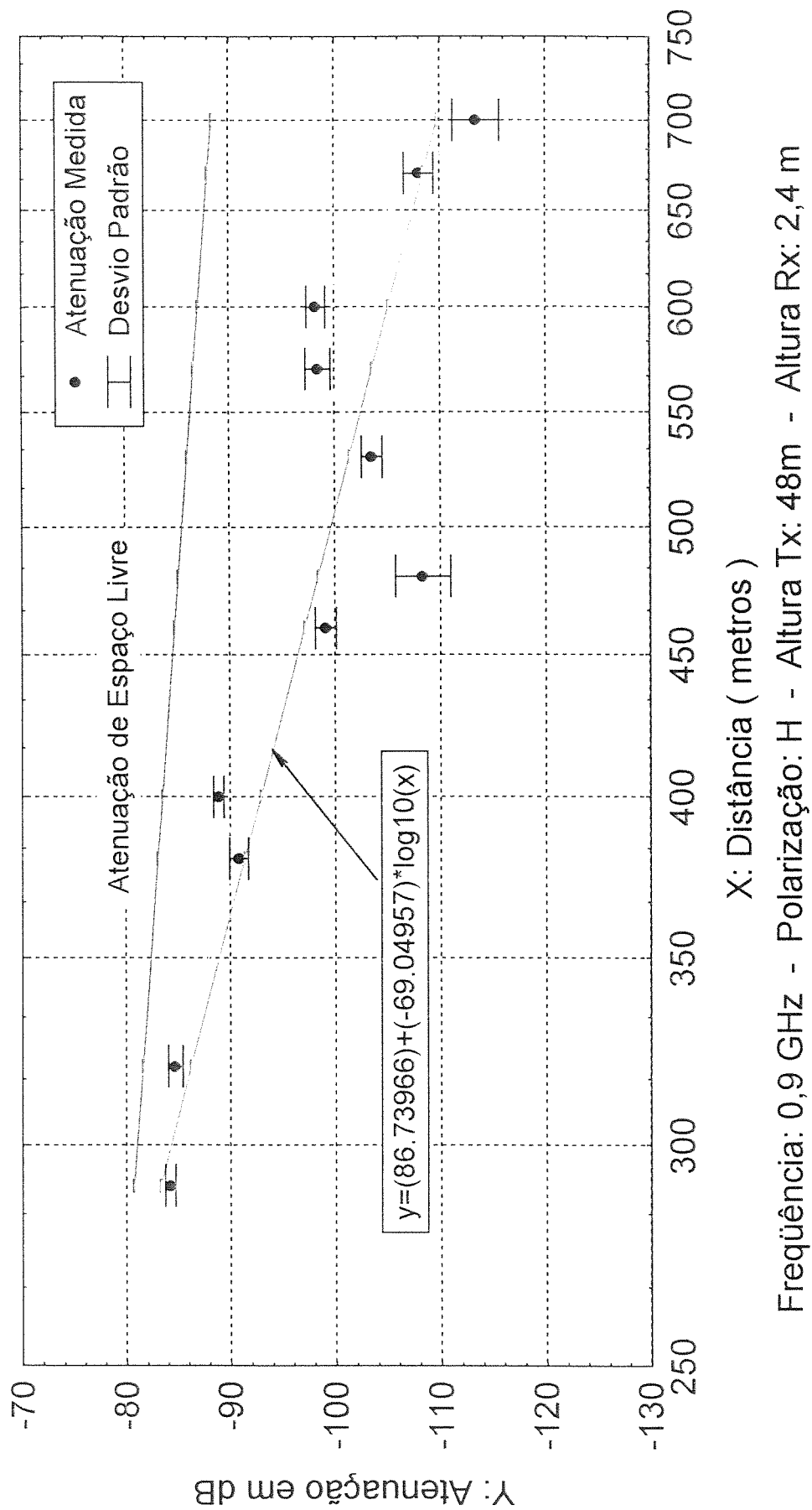


Fig. 6.1-f Atenuação de propagação em função da distância

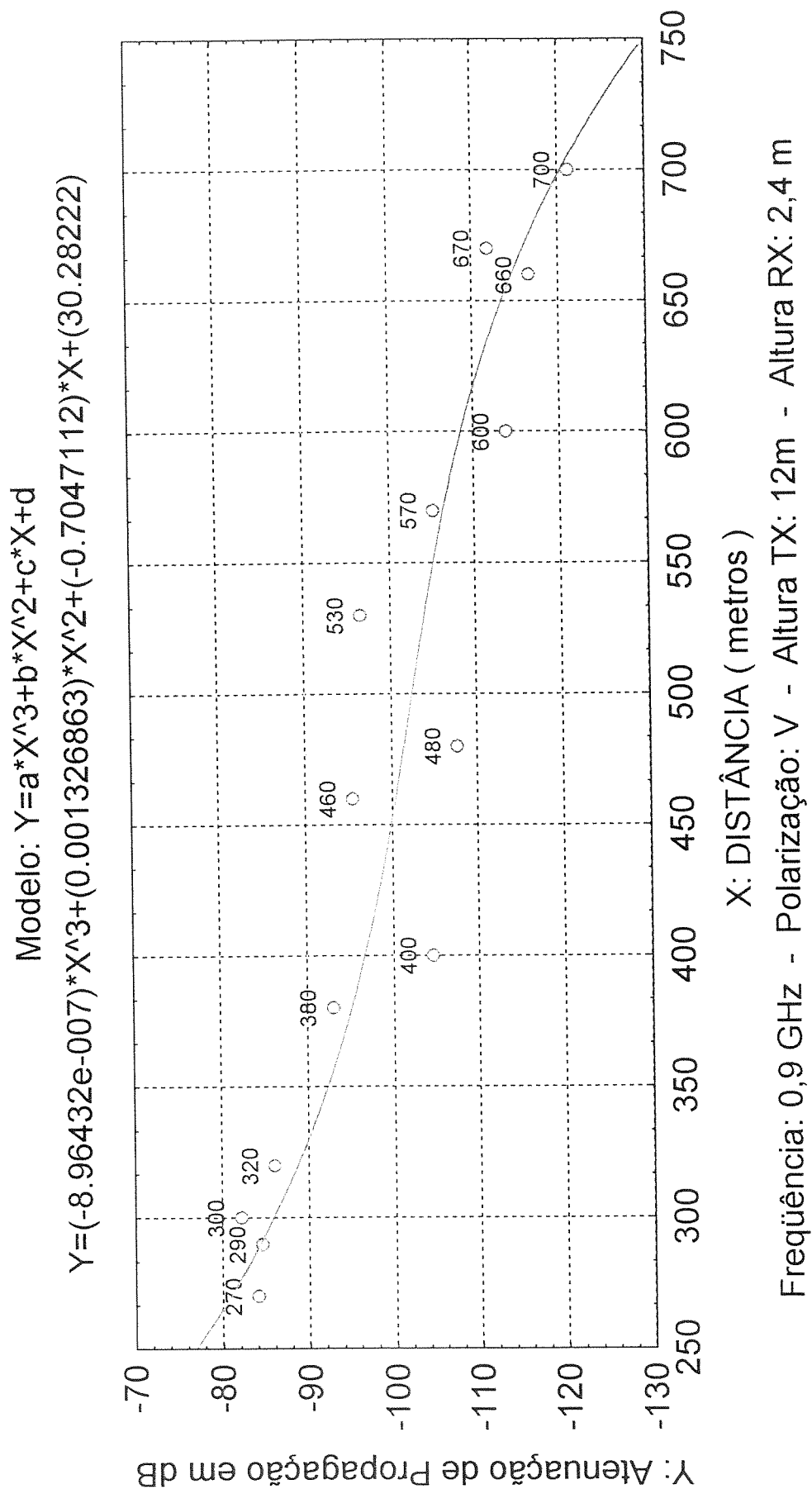


Fig. 6.2-a Atenuação de propagação em função da distância

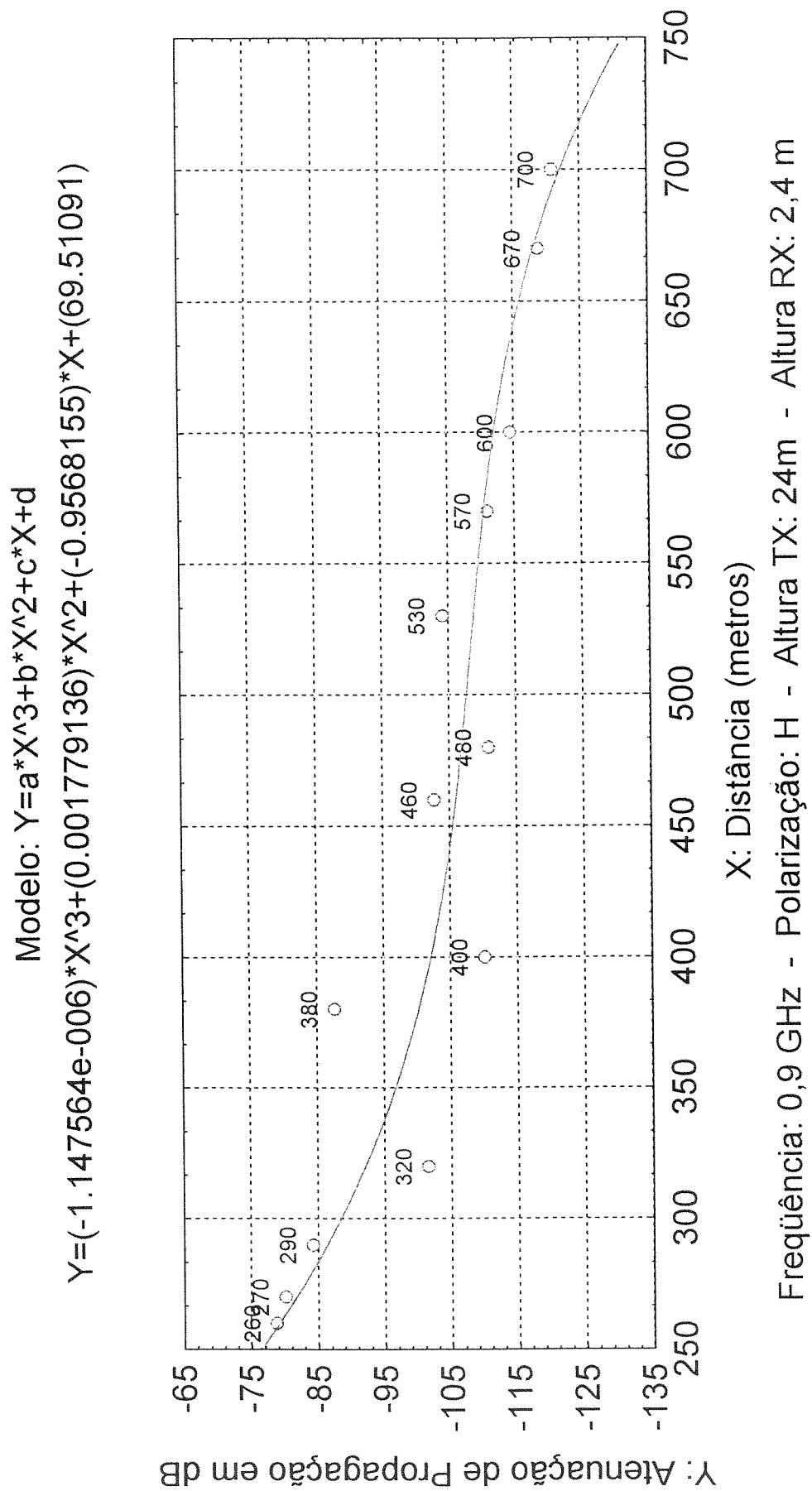


Fig. 6.2-b Atenuação de propagação em função da distância

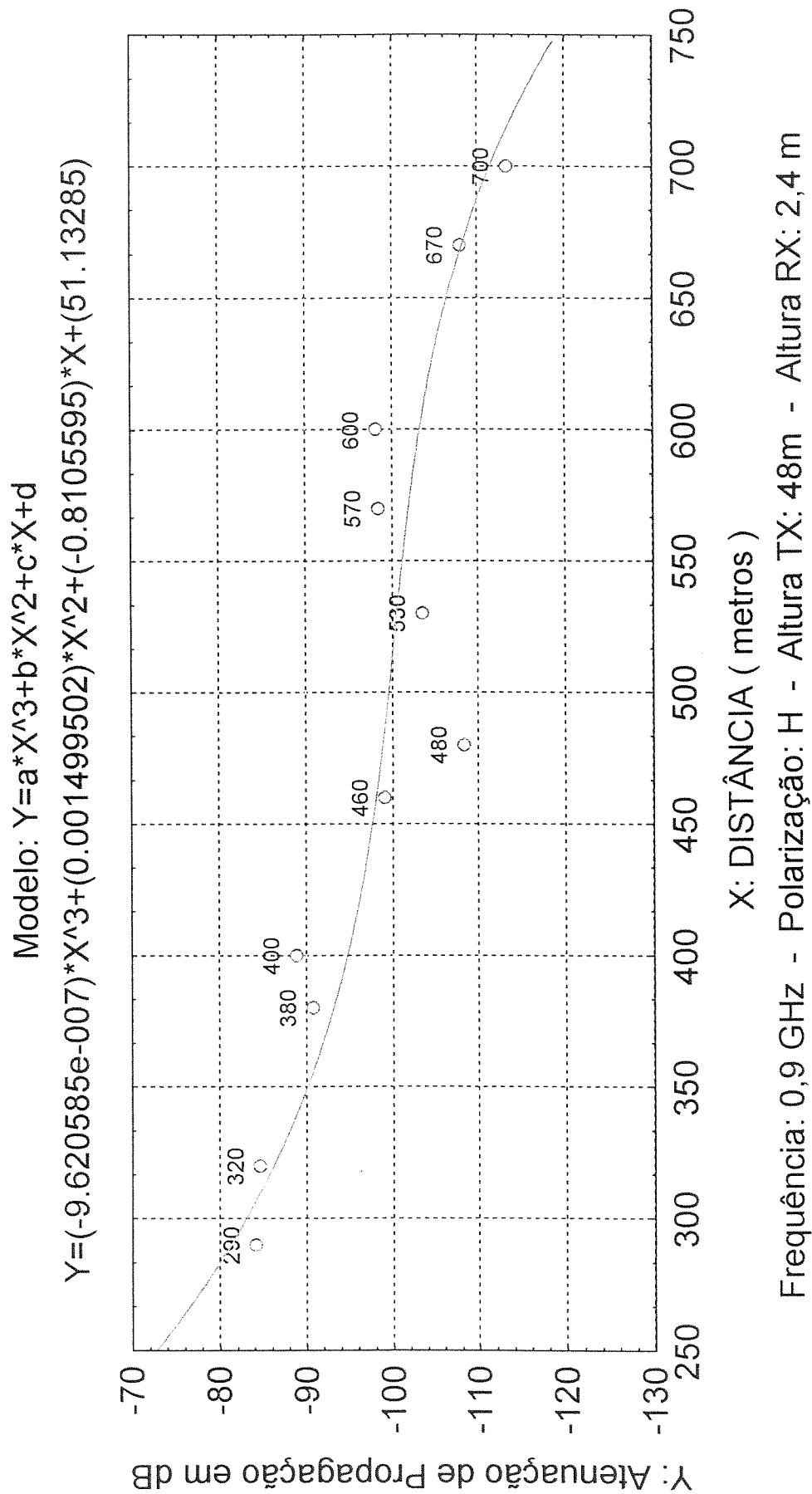


Fig. 6.2-c Atenuação de propagação em função da distância

Os gráficos das figuras 6.1-a a 6.1-f mostram a existência nítida de 3 curvas de atenuação de percurso com inclinações diferentes para o 1º trecho (do início do parque até o início da área aberta), para o 2º trecho (que corresponde à área aberta) e para o 3º trecho (do final da área aberta até o final do parque). A inclinação da curva de atenuação, no 3º trecho, muito se assemelha à inclinação da curva no 1º trecho, na maioria dos casos observados, sendo, no entanto um pouco mais pronunciada.

As inclinações médias das curvas de atenuação obtidas para cada um destes trechos estão apresentados na tabela 6.1 abaixo e foram determinadas tomando-se a atenuação de percurso como função de $\log(d)$, onde d é a distância entre o transmissor e o receptor.

FREQ (GHz) (POL)		0.9 (H)	0.9 (V)	1.2 (V)	1.5 (V)	1.8 (V)
H	12	4.8	6	2.6	4	3.2
E	16	*	*	4.3	6.1	4.5
I	24	6.3	4.8	*	*	*
G	32	4.7	*	*	5.7	5.7
H	48	5.3	4.3	3.5	3.8	4.5
T	60	3.5	3.4	2.4	2.8	3.6
(m)	84	1.8	2.7	2.1	*	*

Tabela 6.1 – Inclinação média das curvas de atenuação de propagação

Analisando-se esta tabela verifica-se que, em geral, a inclinação da curva de atenuação é menor para as grandes alturas da estação rádio-base (48, 60 e 84 metros). Isto se deve, basicamente, ao fato da onda eletromagnética, nesta situação que é definida como caso III no modelo de Tamir (item 3.2.1), atingir diretamente a camada de vegetação (por visibilidade), sendo o sinal recebido, então, por difração nos pontos

localizados no seu interior. Frequentemente aparece um raio dominante nestas situações (particularmente nas bordas da área coberta por vegetação e nas área abertas), o que resulta numa menor atenuação do sinal. Para as baixas alturas de transmissão (12, 16 e 24 metros), a curva de atenuação é mais acentuada, uma vez que nesta situação, que é definida como caso IV no modelo de Tamir, o raio dominante geralmente não está presente e o campo recebido é resultante da composição de sinais aleatórios refratados, difratados e refletidos no ambiente. Para alturas intermediárias de transmissão (32 e 48 metros) o raio dominante aparece menos frequentemente e há uma combinação dos dois casos (II e IV) acima descritos.

6.2 DETERMINAÇÃO DO GANHO DE ALTURA

Para que fosse possível a determinação do ganho de altura, os quinze pontos de medidas foram grupados em 4 setores denominados A, B, C e D, conforme pode ser verificado na tabela 4.2, apresentada no capítulo 4, e a variação da atenuação de propagação com a altura de transmissão foi então analisada não só isoladamente como também em cada um destes setores. Os resultados obtidos podem ser observados nas figuras 6.3-a a 6.3-d, respectivamente, onde foi realizado um ajustamento a um polinômio do 3º grau.

Uma análise geral destas curvas nos leva à conclusão de que o ganho de altura obtido é da ordem de 1 dB para cada 10 metros de variação de altura da estação rádio-base, com dispersão de 0,5 dB na maioria dos casos estudados, e pode ser considerado um valor típico.

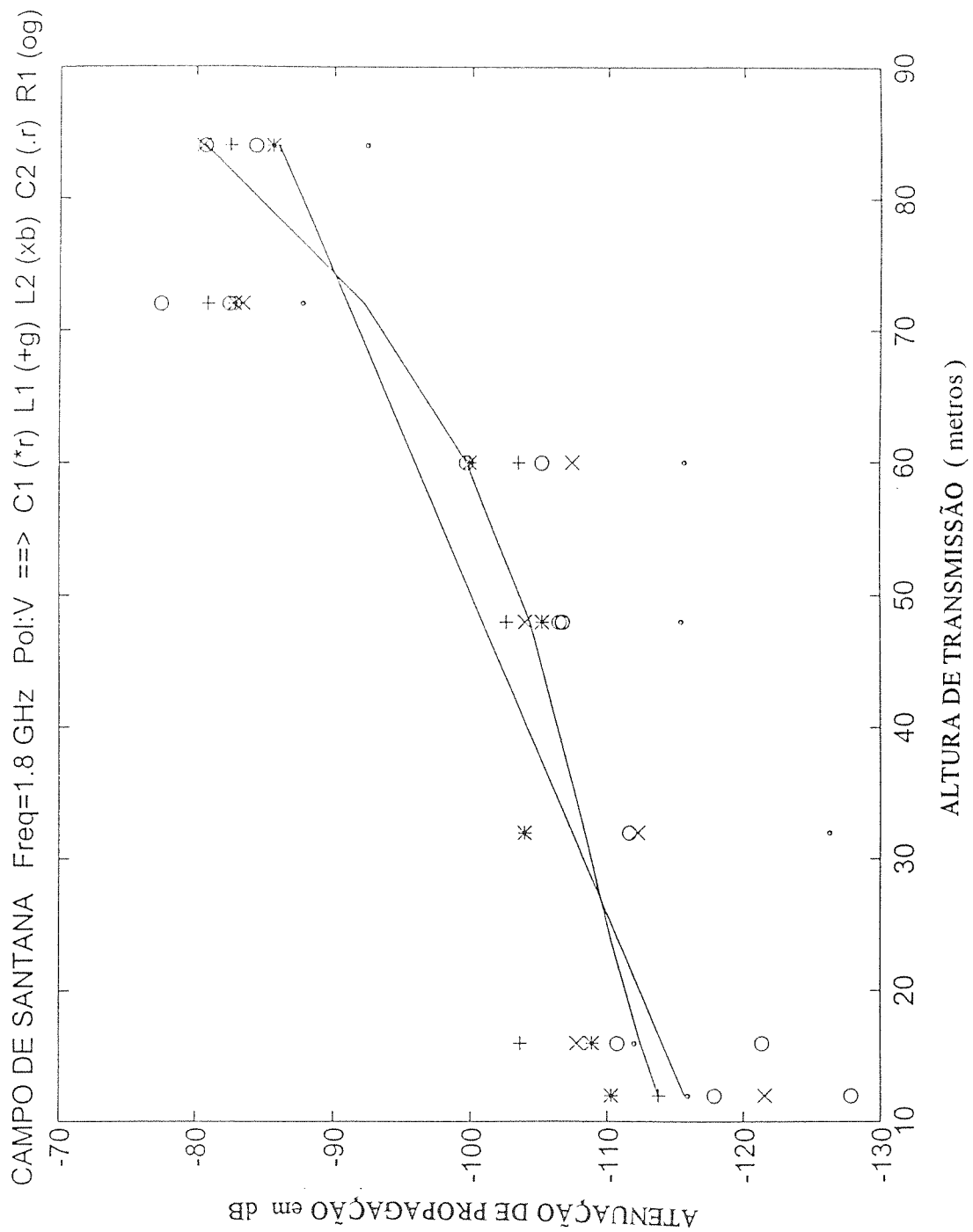


Fig. 6.3-a Atenuação de propagação em função da altura de transmissão – SETOR A

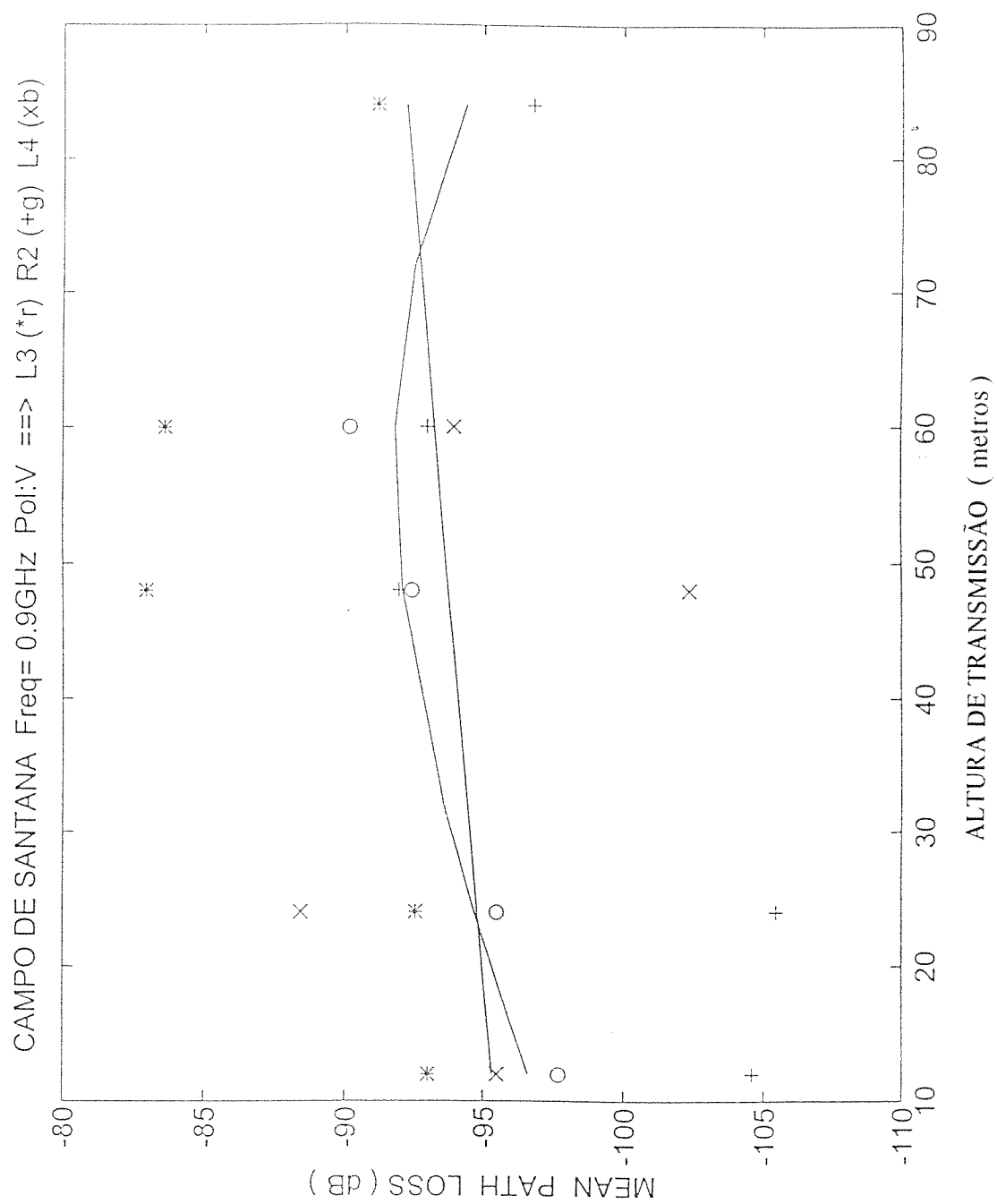


Fig. 6.3-b Atenuação de propagação em função da altura de transmissão – SETOR B

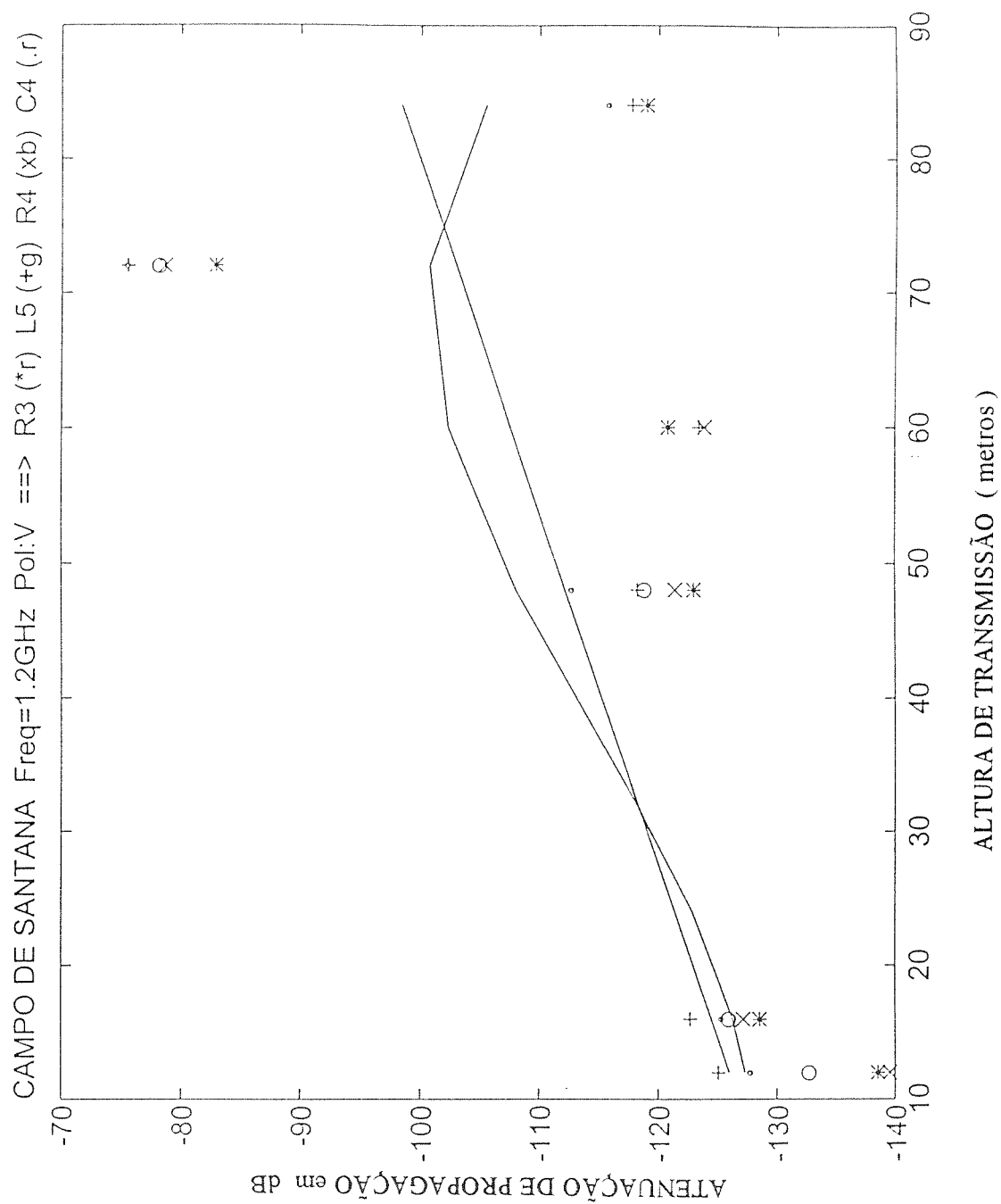


Fig. 6.3-c Atenuação de propagação em função da altura de transmissão – SETOR C

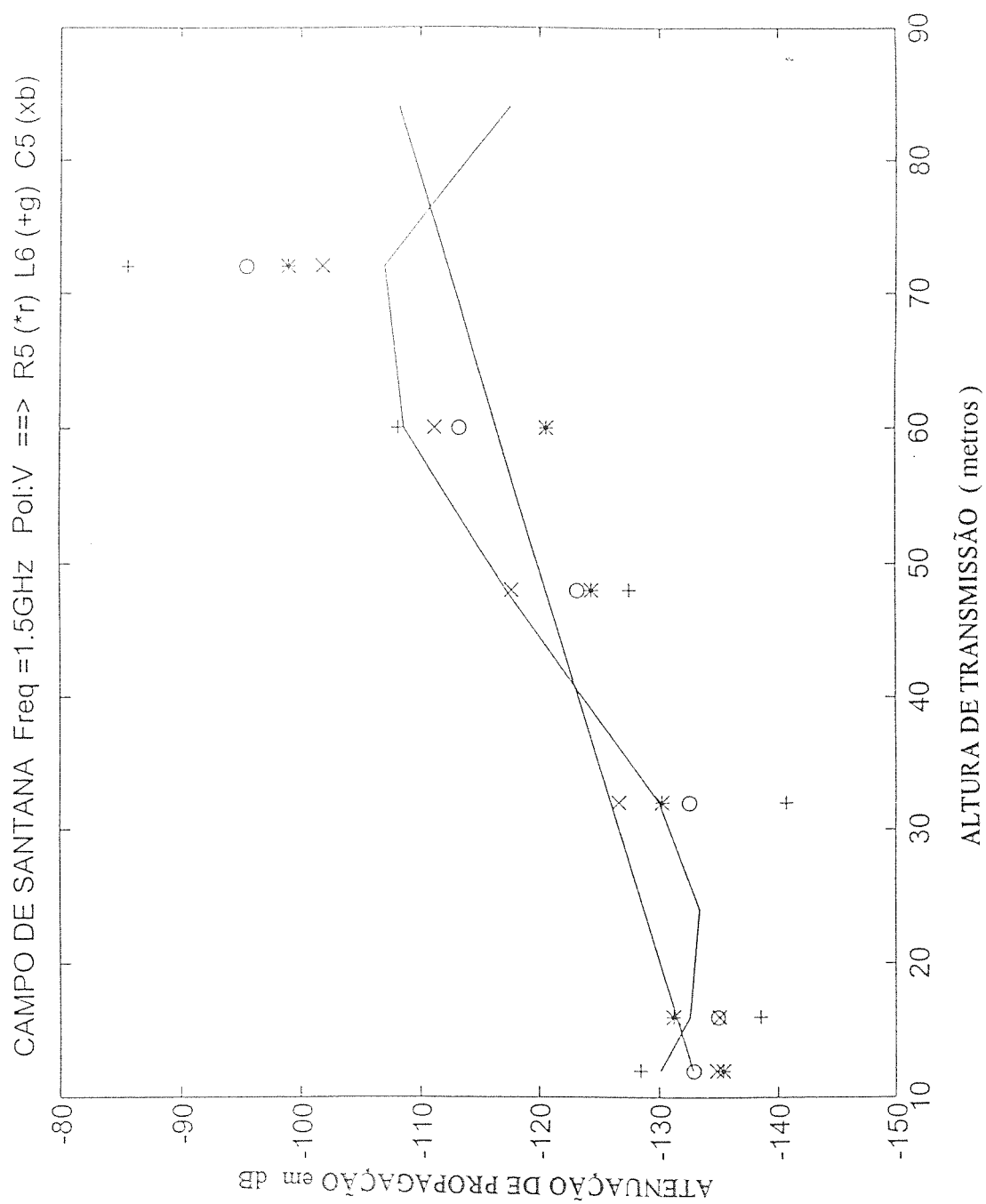


Fig. 6.3-d Atenuação de propagação em função da altura de transmissão – SETOR D

6.3 CONSIDERAÇÕES SOBRE A POLARIZAÇÃO

De modo a se observar o comportamento da atenuação de percurso em relação à polarização, foram analisados todos os resultados obtidos na frequência de 900 MHz, com polarização horizontal e vertical. Um exemplo dos resultados obtidos está apresentado nas figura 6.4-a e 6.4-b. Uma conclusão geral que se pode tirar da análise destas figuras é que a polarização vertical apresenta um desempenho 3 dB melhor, em média, que a polarização horizontal. Este valor pode ser considerado típico para o ganho de polarização.

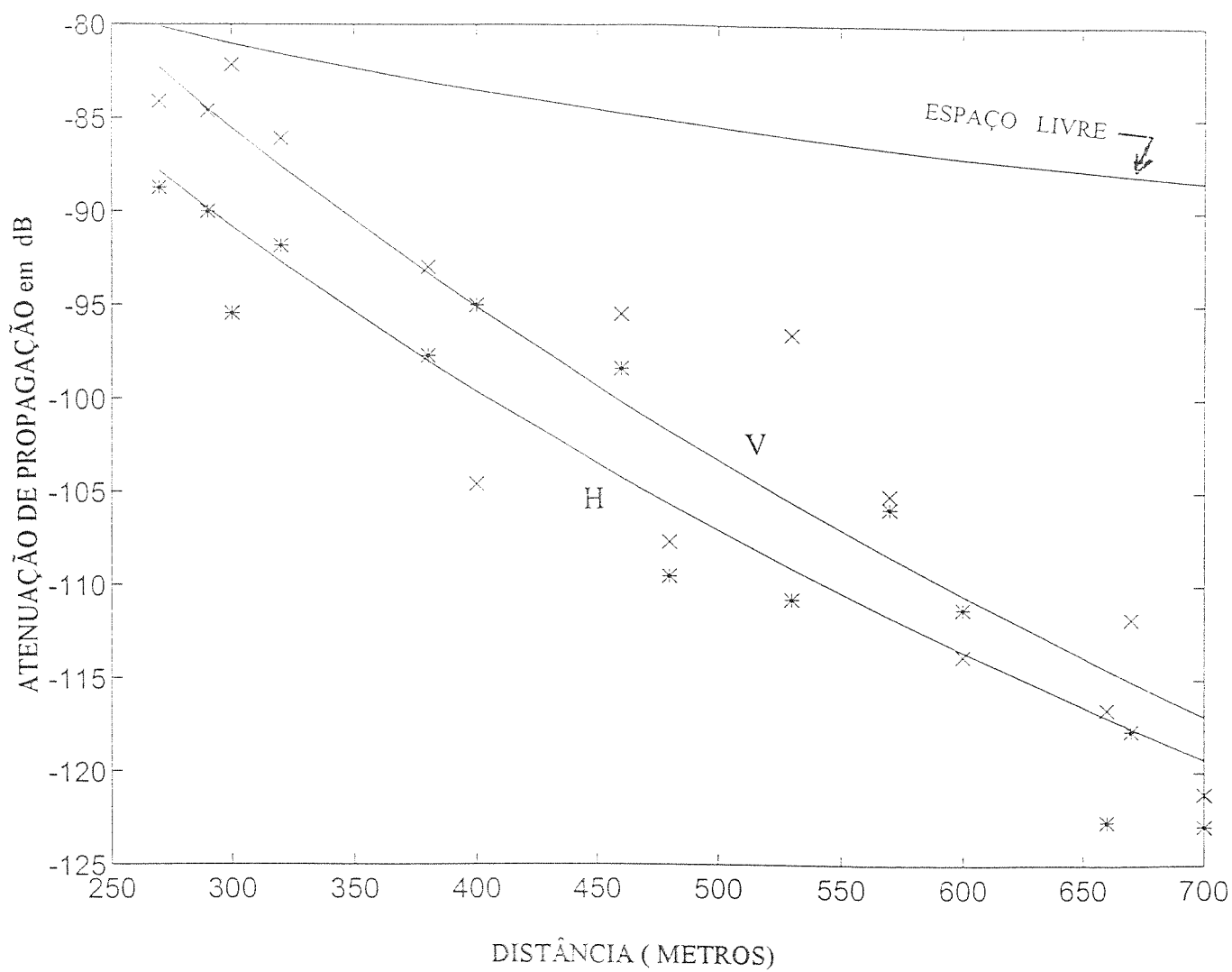


Fig. 6.4-a- Ganho de polarização na frequência de 900 MHz
Altura de transmissão: 12 metros

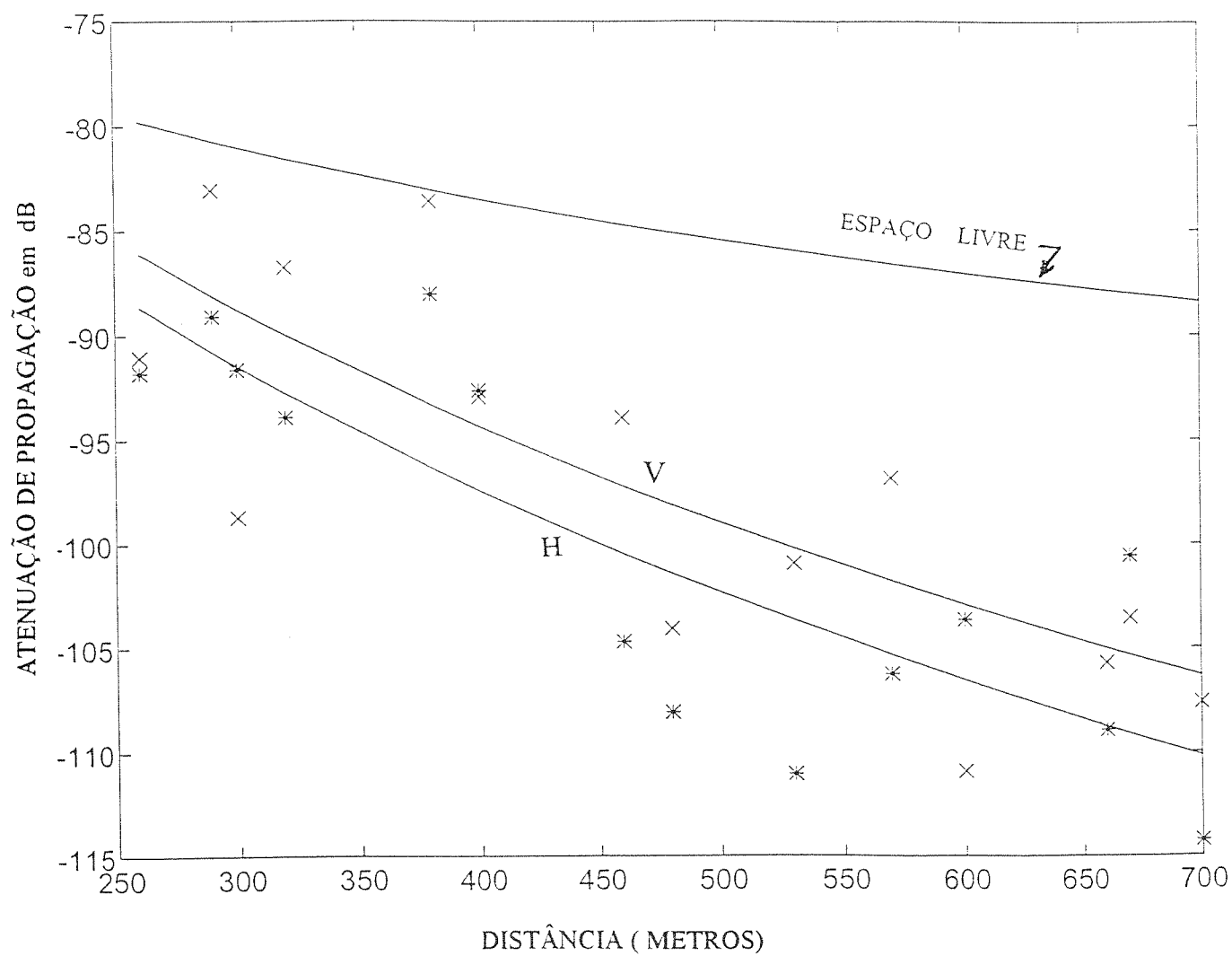


Fig. 6.4-b— Ganho de polarização na frequência de 900 MHz
Altura de transmissão: 60 metros

6.4 RESULTADOS OBTIDOS COM O MODELO DE TAMIR

O modelo de Tamir, que foi desenvolvido para a faixa de frequências de 2 a 200 MHz, representa a floresta como sendo constituída de uma camada dielétrica com permissividade complexa próxima da unidade, representação esta que é adequada para o tratamento do campo médio. Contudo, para frequências na faixa de GHz os raios que atravessam uma simples árvore podem ser atenuados de 10 dB ou mais e, nas áreas cobertas por vegetação, atravessando várias árvores no percurso, sofrerão grande atenuação.

Devido aos valores elevados de atenuação que são obtidos em ambientes cobertos por vegetação é de se esperar que na faixa de frequências de GHz o mecanismo pelo qual o campo penetra a floresta, da copa das árvores na direção do solo, envolva campos incoerentes.

Aplicando-se o modelo de Tamir às medições realizadas no Campo de Santana obtêm-se as curvas das figuras 6.5-a e 6.5-b, para valores típicos de parâmetros elétricos da floresta (permissividade complexa= $1,01 + j.0,01$), e observa-se que este modelo conduz a resultados que são bastante díspares em relação aos obtidos com as medições.

Uma conclusão geral importante que se pode tirar é que o modelo de Tamir não é adequado para utilização nas faixas de frequências típicas dos Sistemas de Comunicações Móveis Celulares.

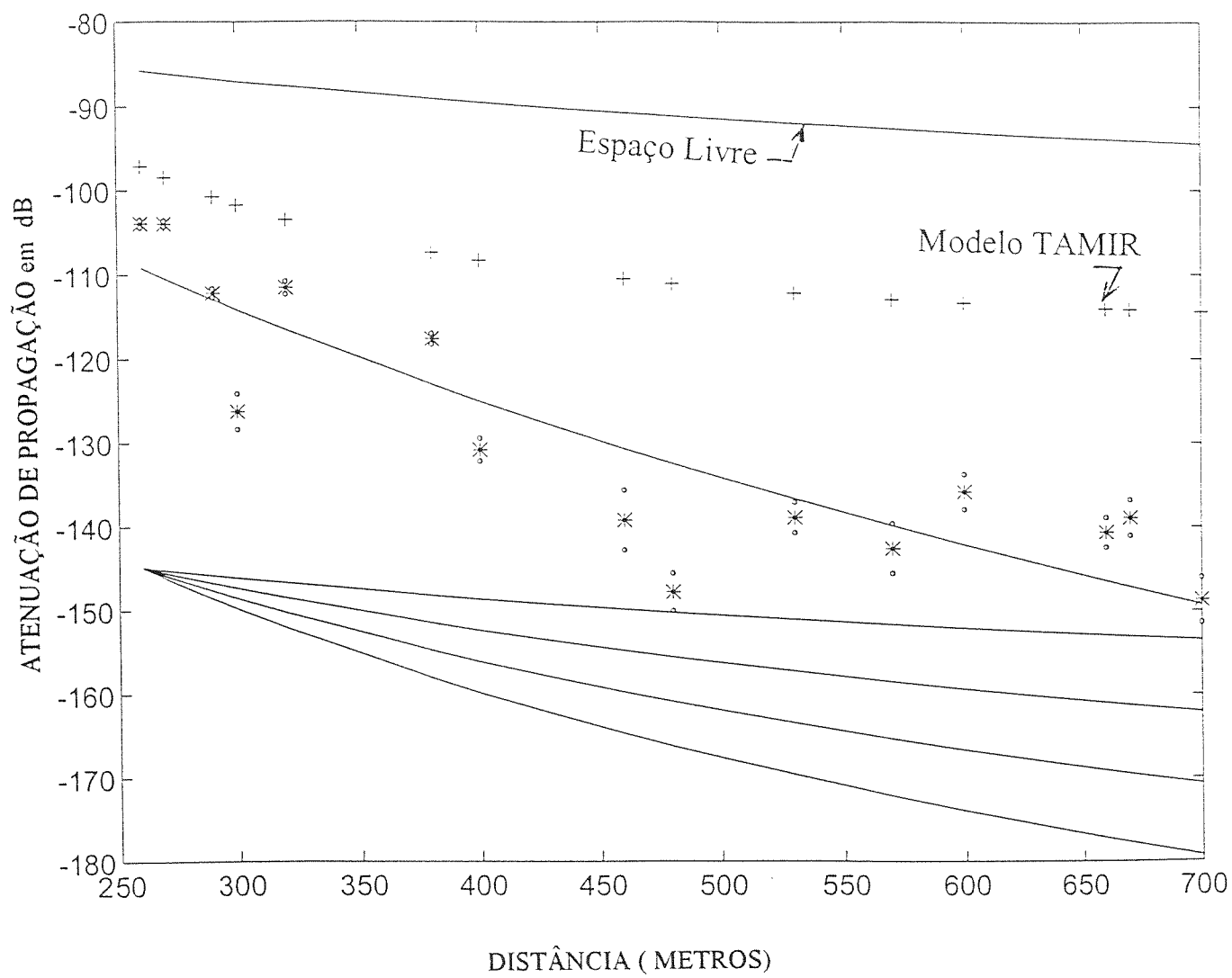


Fig. 6.5-a – Resultados obtidos com o modelo de Tamir na Região II

Frequência: 1,8 GHz – Pol: V – Altura Tx: 32m -Altura Rx: 2,4 m

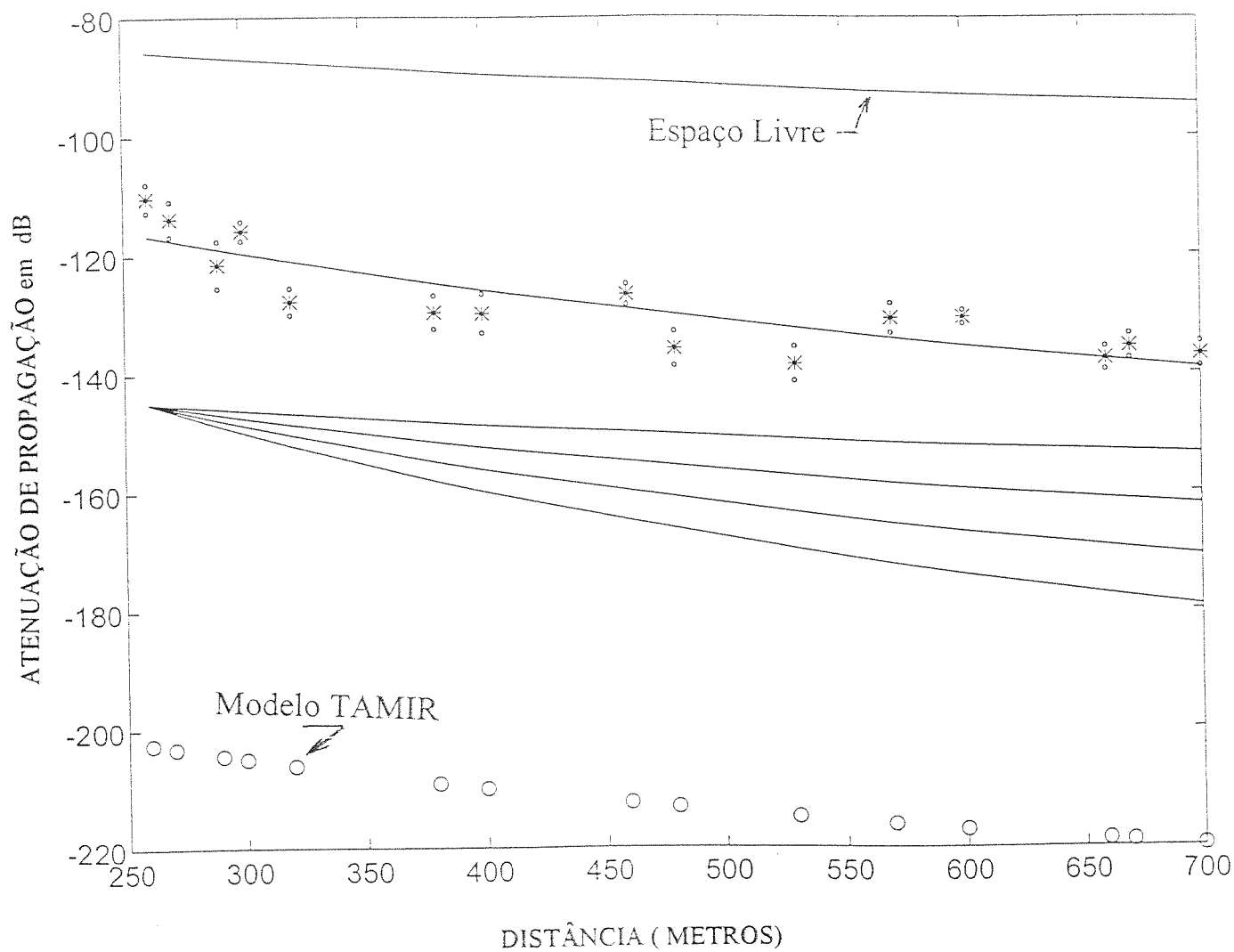


Fig. 6.5-b – Resultados obtidos com o modelo de Tamir na Região IV

Frequência: 1,8 GHz – Pol: V – Altura Tx: 12m - Altura Rx: 2,4 m