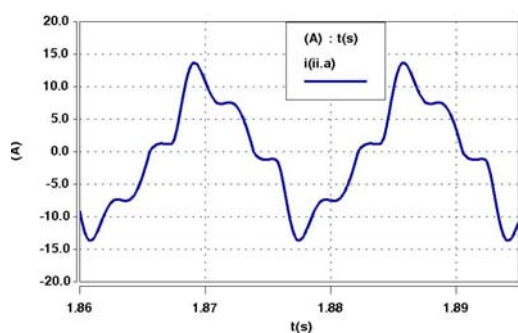
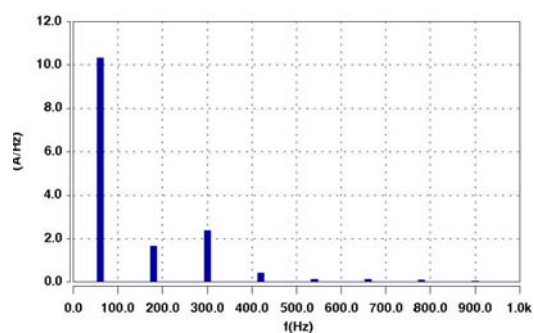
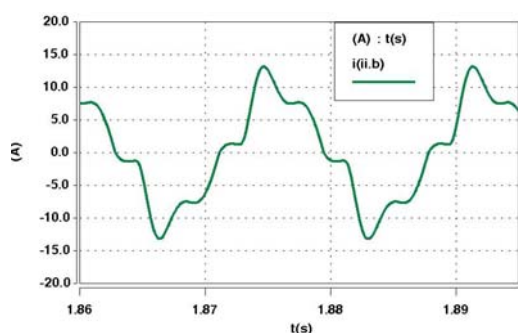




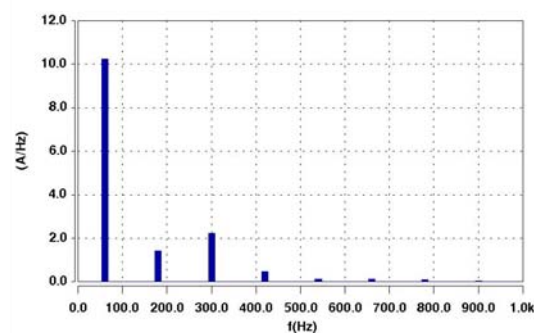
Linha A - alimentador - computacional



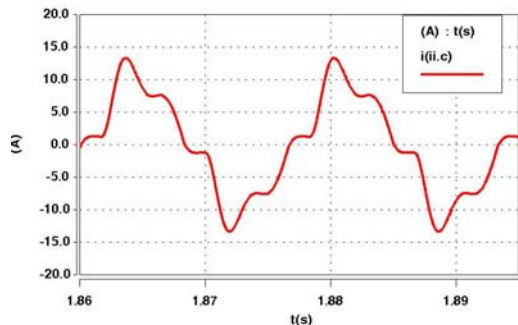
Linha A - alimentador - computacional



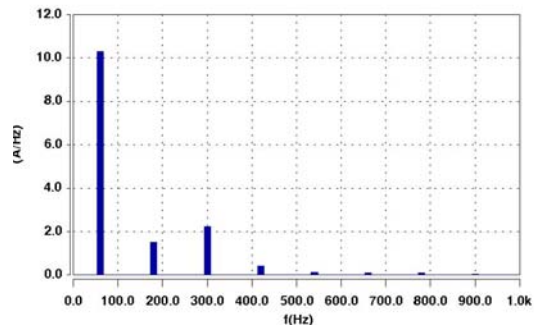
Linha B - alimentador - computacional



Linha B - alimentador - computacional



Linha C - alimentador - computacional

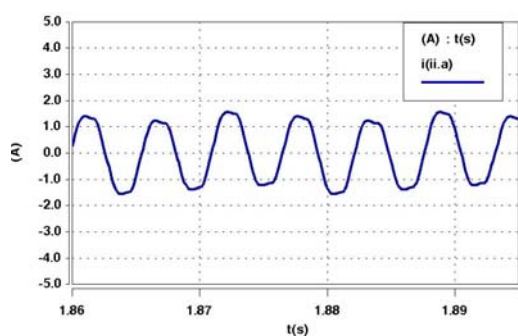


Linha C - alimentador - computacional

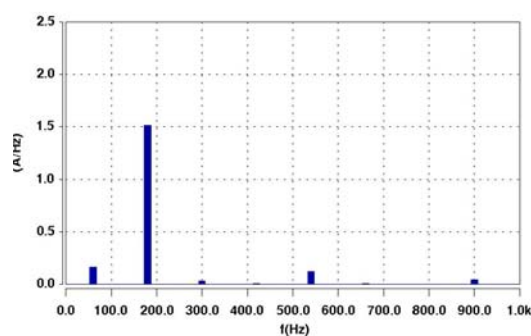
Figura 5.24 - Formas de onda das correntes de linha no alimentador e respectivos espectros harmônicos - variação da indutância de dispersão - filtro de seqüência zero

(c) Corrente de linha do filtro de seqüência zero

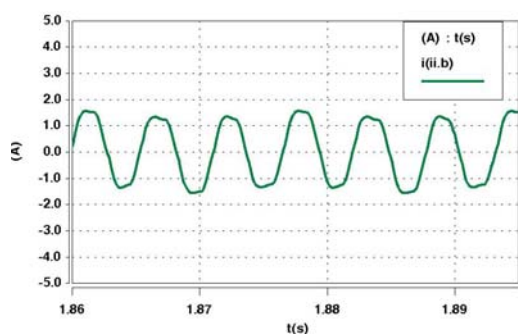
Por fim, as figuras 5.25 correspondem às correntes de linha A, B e C do filtro eletromagnético.



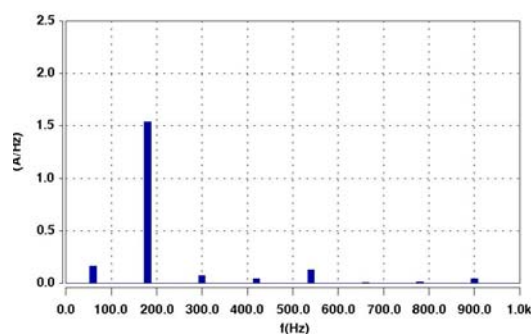
Linha A - filtro - computacional



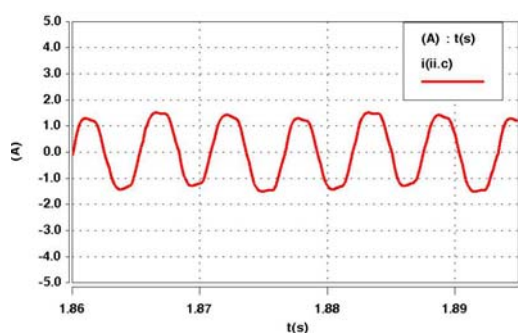
Linha A - filtro - computacional



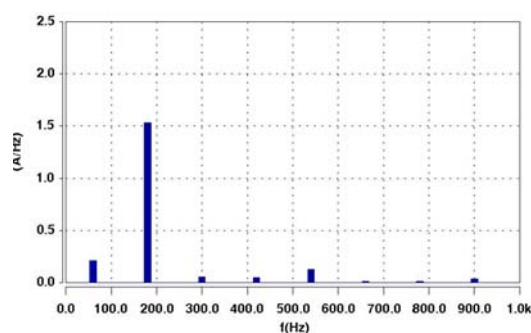
Linha B - filtro - computacional



Linha B - filtro - computacional



Linha C - filtro - computacional

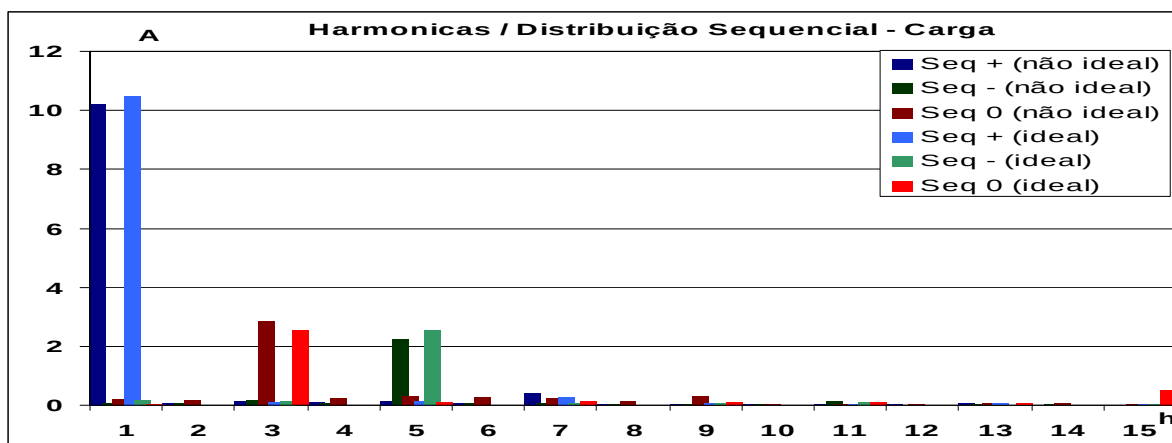


Linha C - filtro - computacional

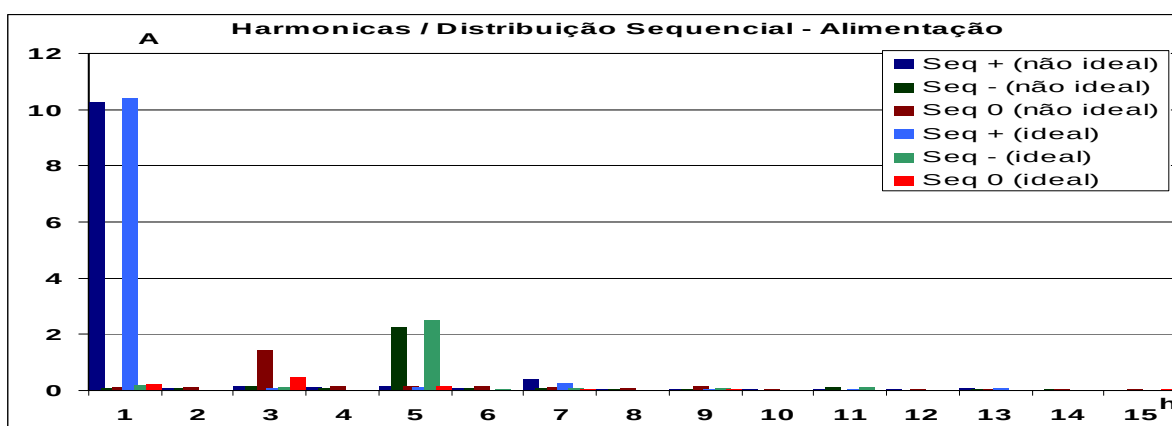
Figura 5.25 - Formas de onda das correntes de linha no filtro e respectivos espectros harmônicos - variação da indutância de dispersão - filtro de sequência zero

(d) Síntese das correntes de linha de acordo com as suas seqüências de fase

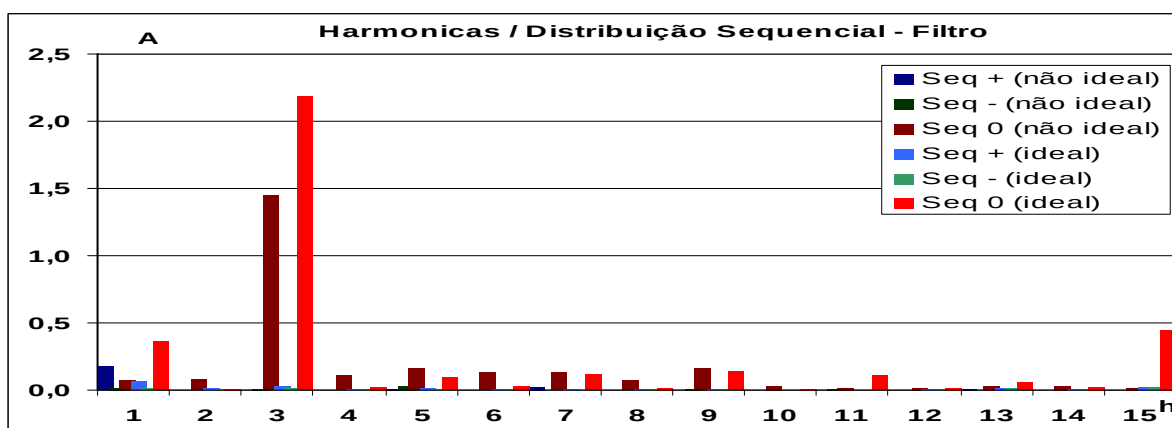
A figura 5.26 apresenta os espectros harmônicos com a distribuição de seqüências positivas, negativas e zero das correntes de pico para os mesmos pontos analisados anteriormente. Apenas os resultados computacionais são considerados e as cores destacam a seqüência de fases da componente harmônica sob foco.



(a) Sequência de fases para as correntes de linha na carga - experimental



(b) Sequência de fases para as correntes de linha no alimentador - experimental



(c) Sequência de fases para as correntes de linha no filtro - experimental

Figura 5.26 - Espectros harmônicos com distribuição sequencial de fases para as correntes de linha na carga não-linear, alimentador e filtro - ideal e variação da dispersão - filtro de sequência zero

Como resultado do aumento de dispersão, é possível observar, através da figura 5.26, que o filtro absorve uma menor corrente de seqüência zero (3ª e 9ª ordens). Não obstante a este fato, é importante ressaltar que a perda de eficácia não foi proporcional ao aumento da indutância de dispersão. Isto é um reflexo da correlação entre as impedâncias do filtro e do sistema, sendo esta última bastante elevada em relação à primeira.

5.2.2 - FILTRO DE SEQÜÊNCIA POSITIVA E NEGATIVA

Dando continuidade aos estudos, esta seção objetiva avaliar o desempenho do filtro de seqüência positiva e negativa a partir das situações enfocadas na tabela 5.1. Para tanto, o mesmo arranjo físico identificado na figura 4.18, e repetido na forma da figura 5.27, é utilizado para os trabalhos subseqüentes.

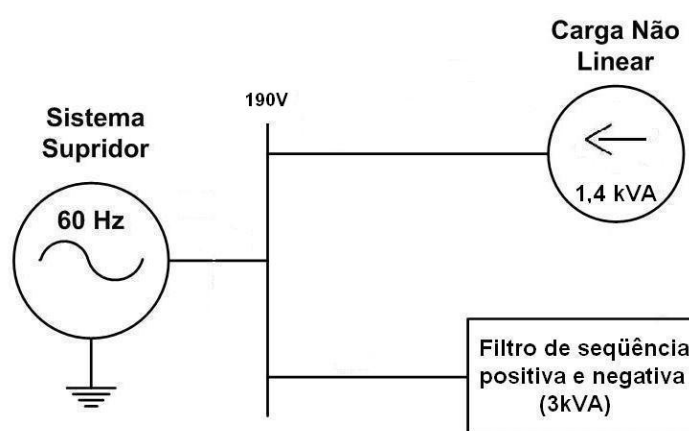


Figura 5.27 - Arranjo físico utilizado para os estudos computacionais e experimentais - filtro de seqüência positiva e negativa

Caso b-1 - Alimentação com tensão senoidal desequilibrada

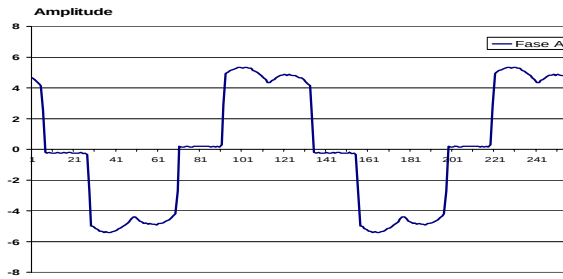
Como forma de avaliar o desempenho do filtro em questão diante de tensões desequilibradas, adotou-se uma assimetria responsável por um fator de desequilíbrio de 3%

(V_A^-/V_A^+) , mantendo-se as demais características idênticas às condições ideais de funcionamento.

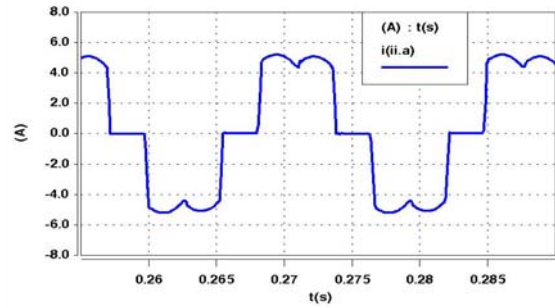
Os resultados a seguir apresentam, respectivamente, as correntes de linha na carga não-linear, na alimentação e, por fim, no filtro eletromagnético de sequência positiva e negativa.

(a) Corrente na carga não-linear

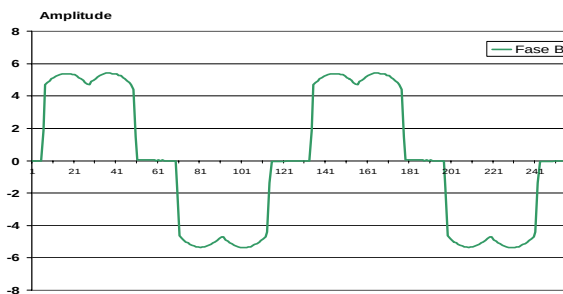
A figura 5.28 fornece as correntes nas linhas A, B e C registradas na carga não-linear, obtidas de forma experimental e computacional.



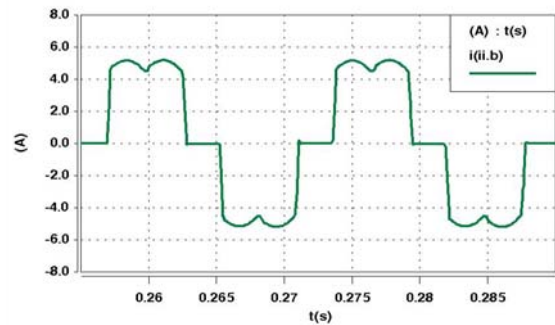
Linha A - carga não-linear - experimental



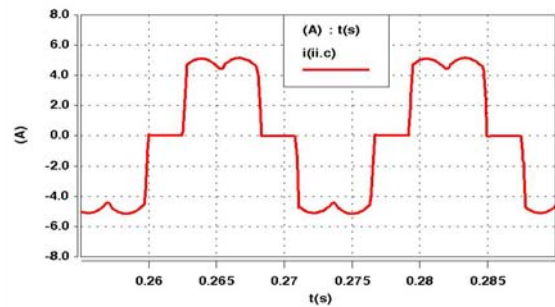
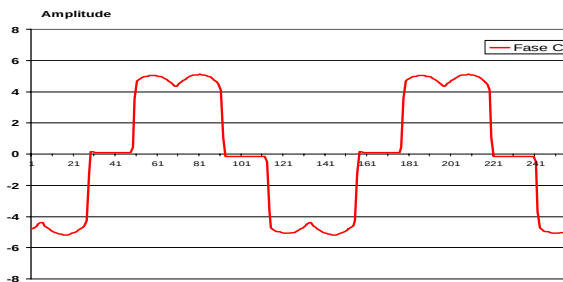
Linha A - carga não-linear - computacional



Linha B - carga não-linear - experimental



Linha B - carga não-linear - computacional

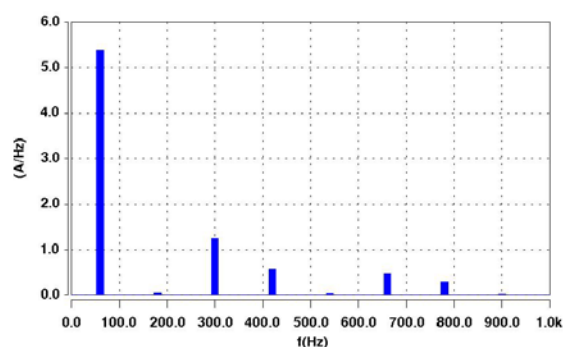
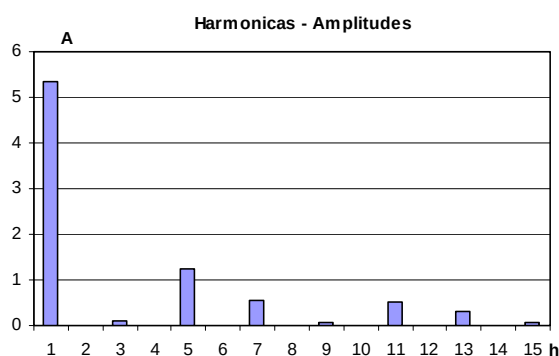


Linha C - carga não-linear - experimental

Linha C - carga não-linear - computacional

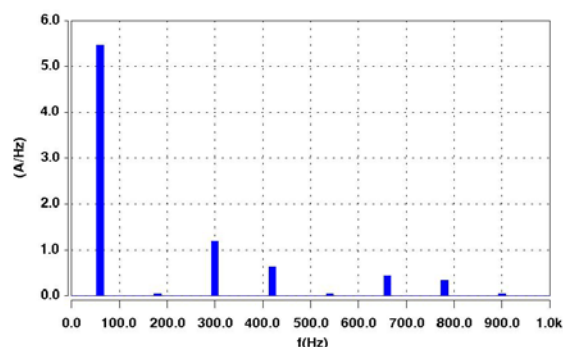
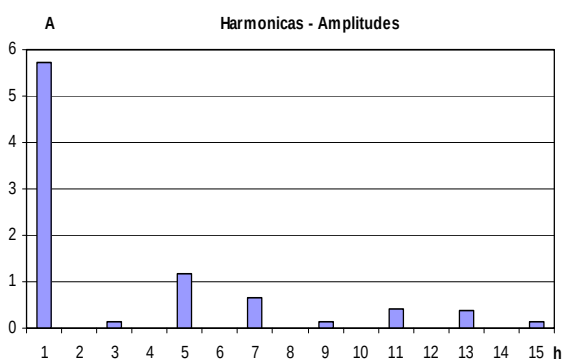
Figura 5.28 - Formas de onda das correntes de linha na carga não-linear - experimental e computacional - tensão desequilibrada - filtro de seqüência positiva e negativa

Complementarmente, a figura 5.29 indica os correspondentes espectros de frequência para as correntes de pico da figura 5.28.



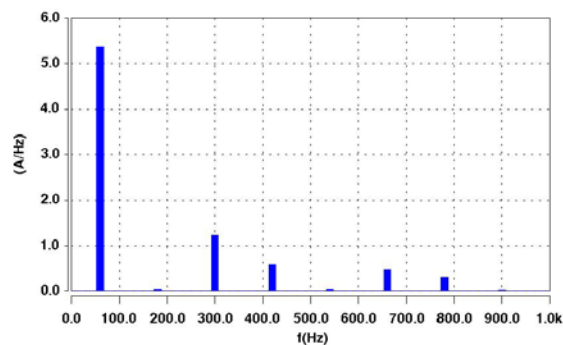
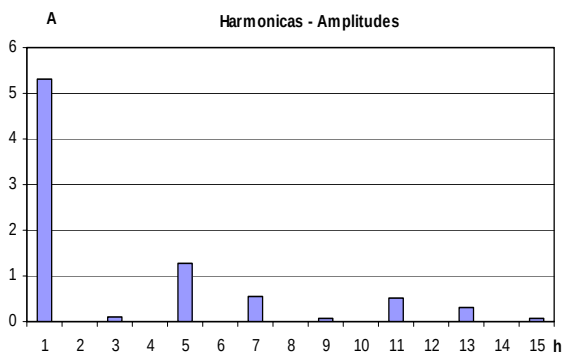
Linha A - carga não-linear - experimental

Linha A - carga não-linear - computacional



Linha B - carga não-linear - experimental

Linha B - carga não-linear - computacional



Linha C - carga não-linear - experimental

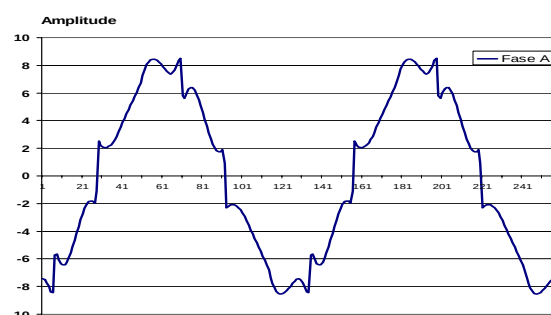
Linha C - carga não-linear - computacional

Figura 5.29 - Espectros harmônicos das correntes de linha na carga não-linear - experimental e

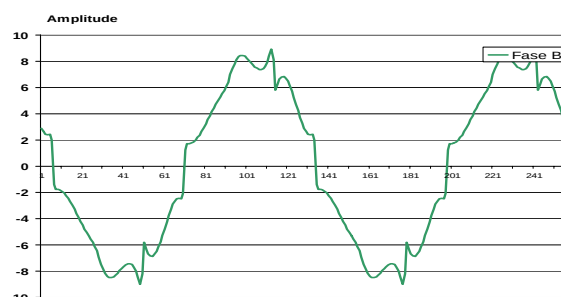
computacional - tensão desequilibrada - filtro de seqüência positiva e negativa

(b) Corrente de linha no alimentador

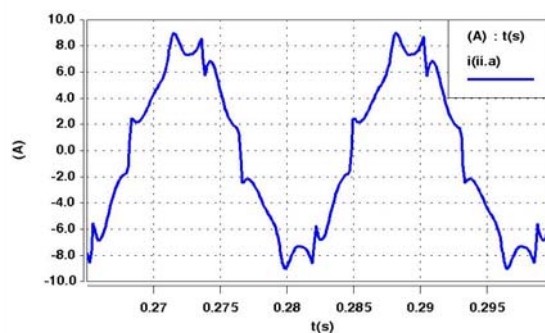
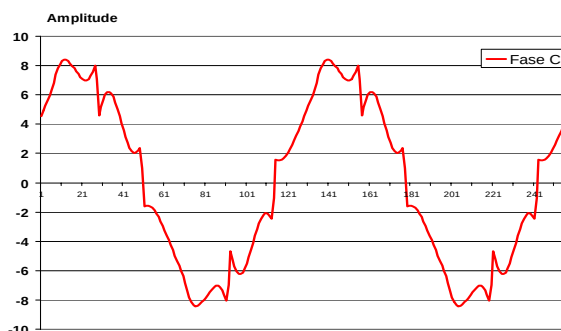
Enfocando, na seqüência, as correntes experimentais e computacionais para o alimentador, a figura 5.30 apresenta, respectivamente, nas linhas A, B e C.



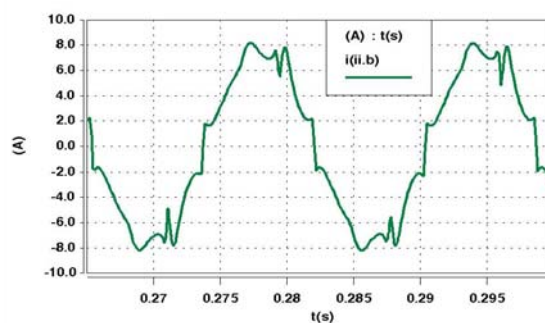
Linha A - alimentador - experimental



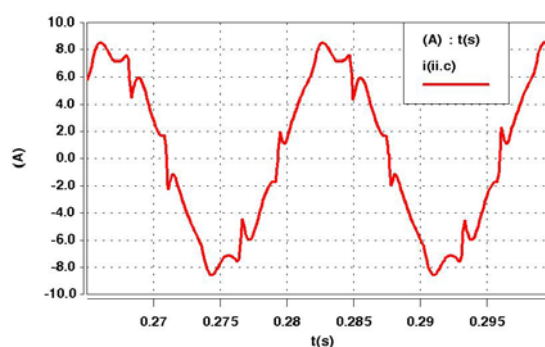
Linha B - alimentador - experimental



Linha A - alimentador - computacional



Linha B - alimentador - computacional

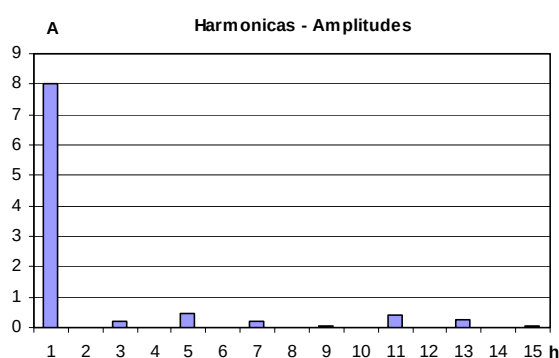


Linha C - alimentador - experimental

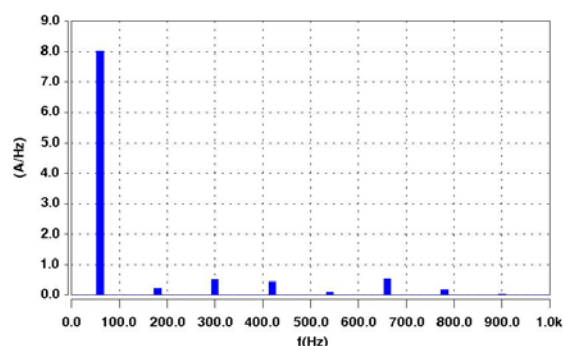
Linha C - alimentador - computacional

Figura 5.30 - Formas de onda das correntes de linha no alimentador - experimental e computacional - tensão desequilibrada - filtro de seqüência positiva e negativa

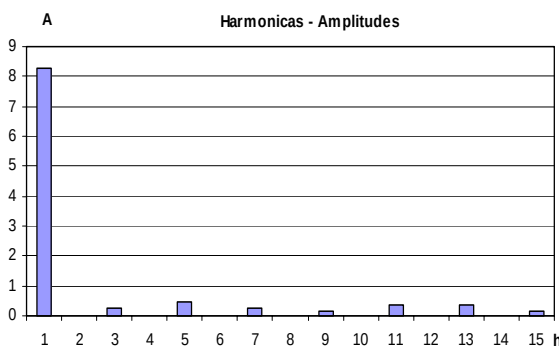
De modo análogo ao caso anterior, a figura 5.31 é indicativa dos espectros harmônicos das correntes anteriormente referidas, em valores de pico.



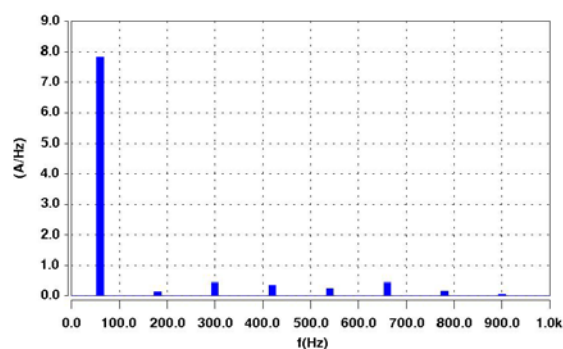
Linha A - alimentador - experimental



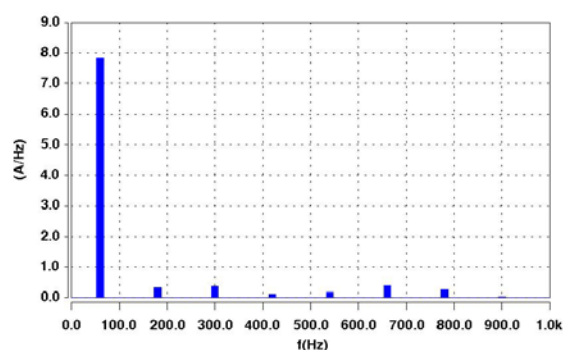
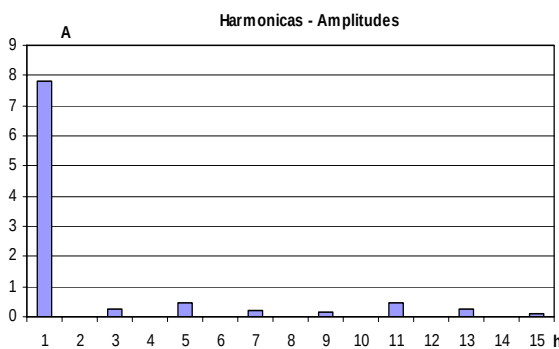
Linha A - alimentador - computacional



Linha B - alimentador - experimental



Linha B - alimentador - computacional



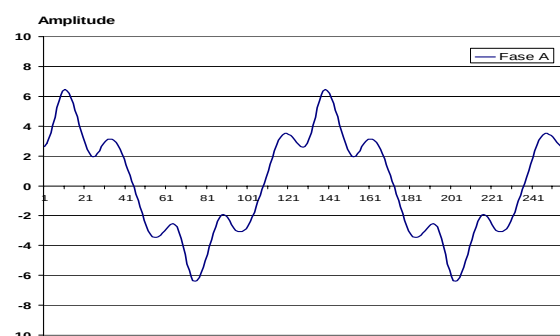
Linha C - alimentador - experimental

Linha C - alimentador - computacional

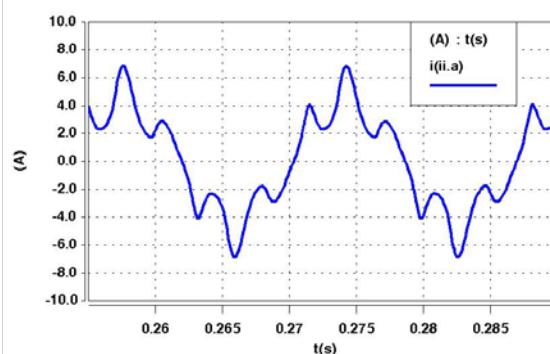
Figura 5.31 - Espectros harmônicos das correntes de linha no alimentador - experimental e computacional - tensão desequilibrada - filtro de seqüência positiva e negativa

(c) Corrente de linha no filtro de seqüência positiva e negativa

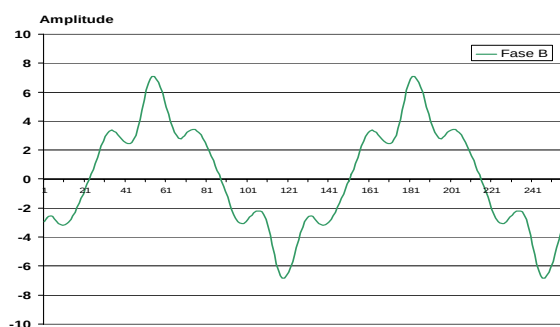
Por fim, a figura 5.32 apresenta as correntes de linha A, B e C lidas no filtro eletromagnético.



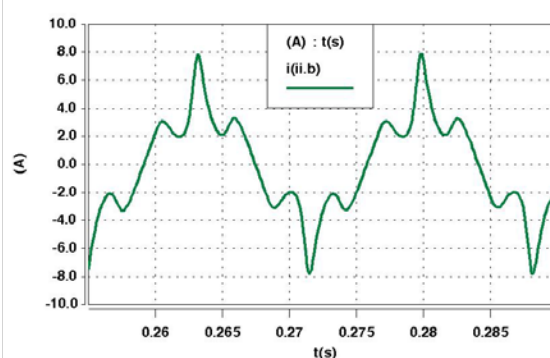
Linha A - filtro - experimental



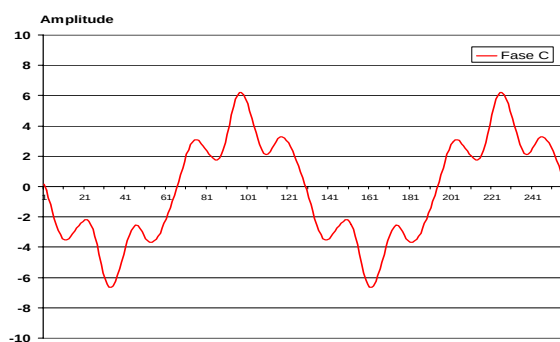
Linha A - filtro - computacional



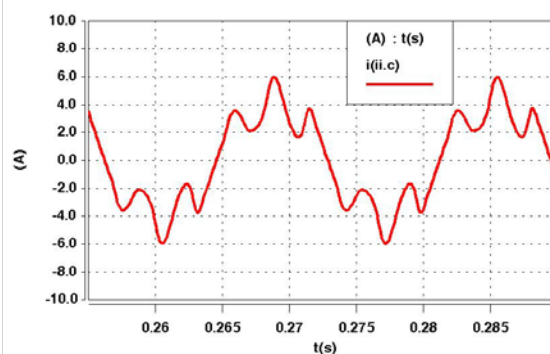
Linha B - filtro - experimental



Linha B - filtro - computacional



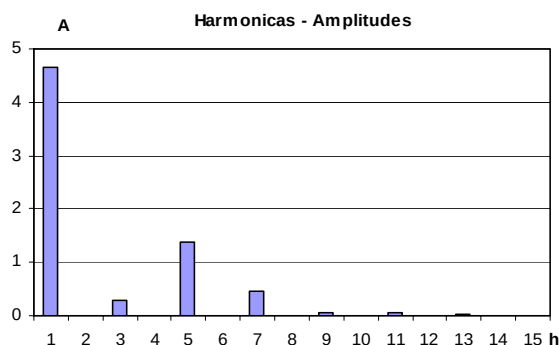
Linha C - filtro - experimental



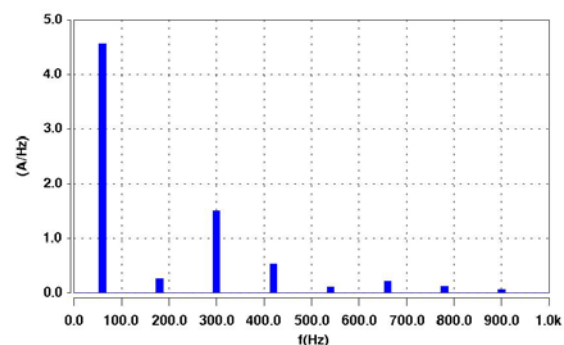
Linha C - filtro - computacional

Figura 5.32 - Formas de onda das correntes de linha no filtro - experimental e computacional - tensão desequilibrada - filtro de sequência positiva e negativa

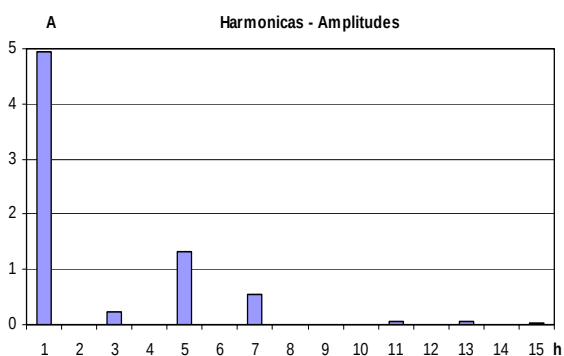
A figura 5.33 indica os correspondentes espectros harmônicos em valores de pico.



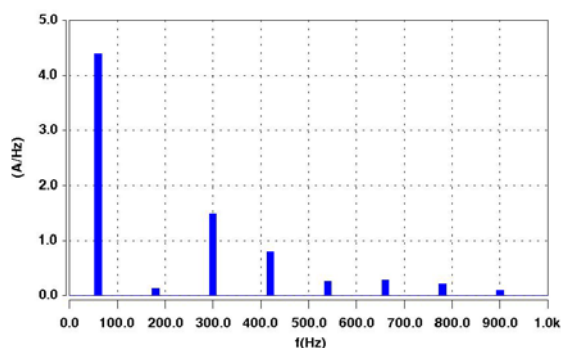
Linha A - filtro - experimental



Linha A - filtro - computacional



Linha B - filtro - experimental



Linha B - filtro - computacional

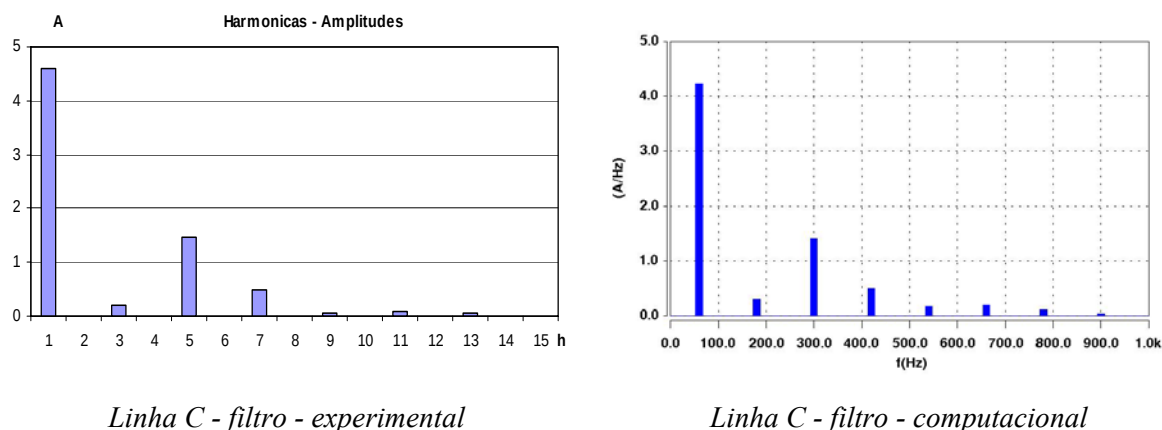


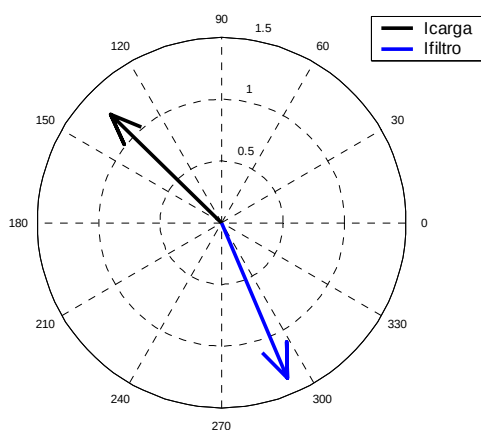
Figura 5.33 - Espectros harmônicos das correntes de linha no filtro - experimental e computacional - tensão desequilibrada - filtro de seqüência positiva e negativa

(d) Síntese dos resultados

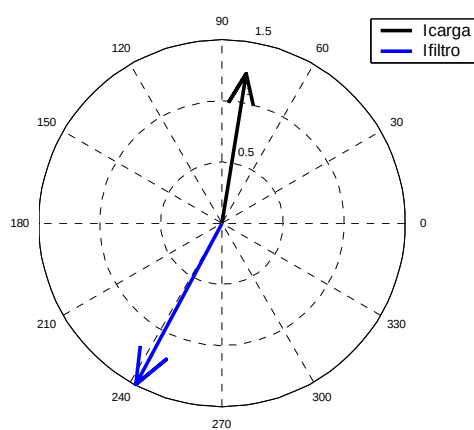
Objetivando um melhor entendimento sobre o desempenho do filtro eletromagnético sob enfoque, diante de condições de um suprimento desequilibrado, nos termos investigados, as figuras 5.34 e 5.35 oferecem um mecanismo simples e eficiente para uma visualização do desempenho do processo de compensação. Para simplificar a análise, apenas os fasores correspondentes às componentes harmônicas de 5ª e 7ª ordem foram considerados. Nestes diagramas, tal como aconteceu para o caso ideal de suprimento, ficam evidenciadas as compensações harmônicas destas ordens.

A comparação destes diagramas com aqueles constantes nas figuras 4.25 e 4.26, relativos ao suprimento de tensão ideal, evidencia a vulnerabilidade desta metodologia com relação ao desvio do padrão ideal da tensão de suprimento, aqui admitida na forma de 3% de desequilíbrio. Deste modo, verifica-se que, quando o filtro eletromagnético é alimentado com uma tensão diferente daquela projetada para o seu funcionamento, os fasores das componentes harmônicas de 5ª e 7ª ordem geradas por ele se modificam. Isto é uma decorrência normal

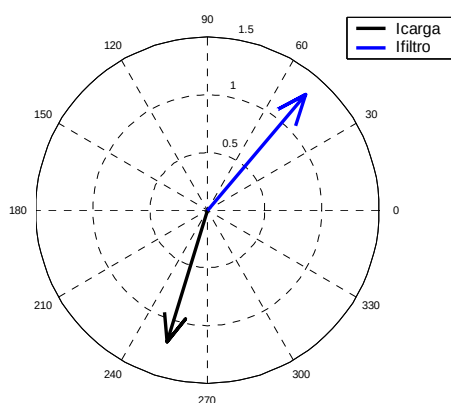
relacionada com o ponto de saturação atingido e definido pela característica da curva BxH do material magnético. Este desvio promove uma menor compensação harmônica das correntes oriundas da carga não-linear.



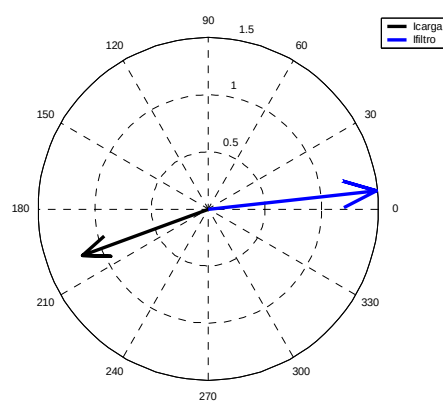
Linha A - experimental - 5^a ordem



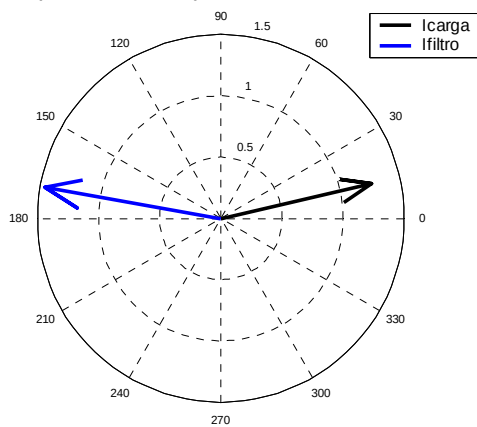
Linha A - computacional - 5^a ordem



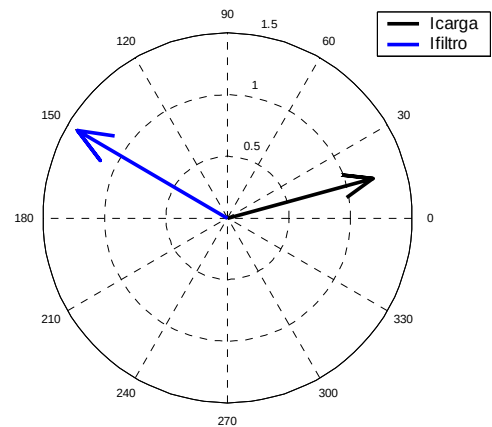
Linha B - experimental - 5^a ordem



Linha B - computacional - 5^a ordem

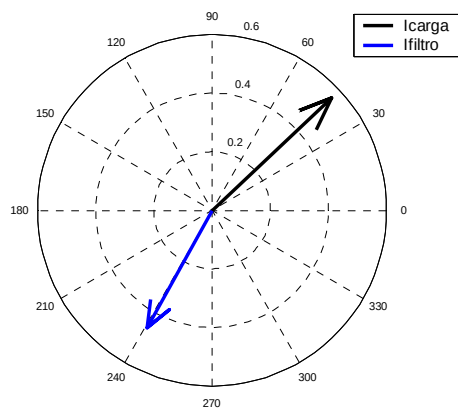


Linha C - experimental - 5ª ordem

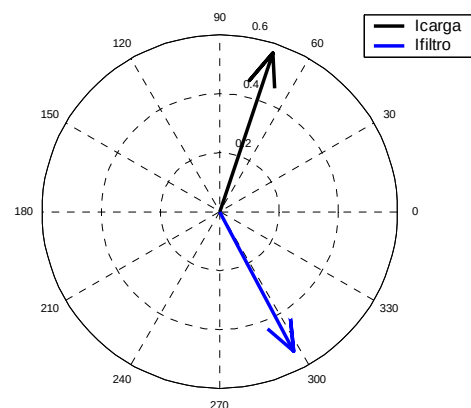


Linha C - computacional - 5ª ordem

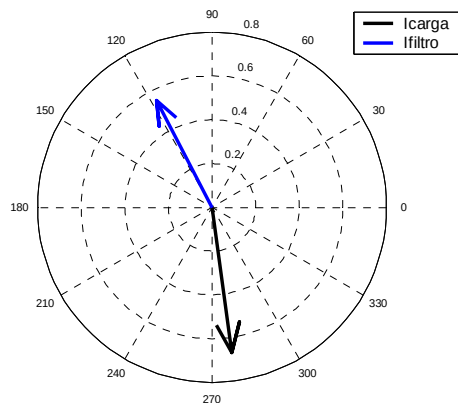
Figura 5.34 - Diagramas fasoriais das correntes de linha na carga e no filtro - experimental e computacional - tensão de suprimento desequilibrada - 5ª ordem - filtro de seqüência positiva e negativa



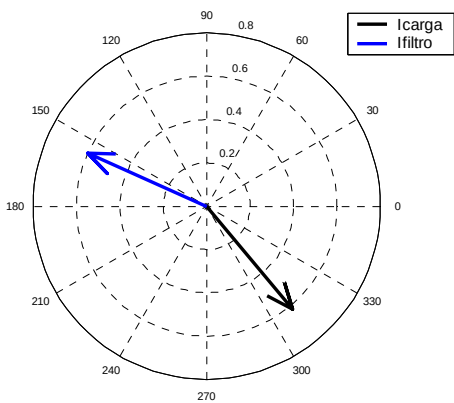
Linha A - experimental - 7ª ordem



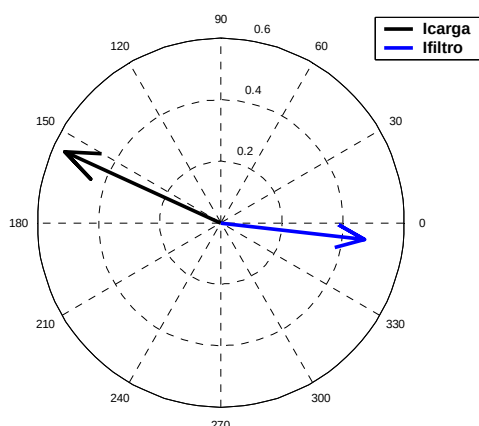
Linha A - computacional - 7ª ordem



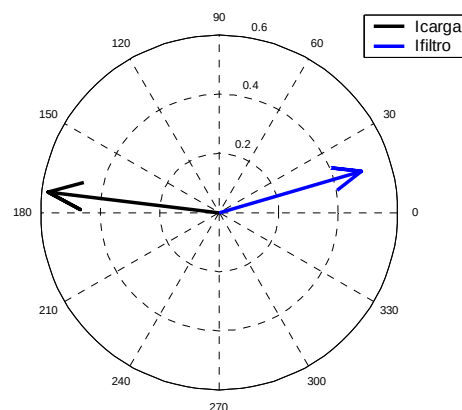
Linha B - experimental - 7ª ordem



Linha B - computacional - 7ª ordem



Linha C - experimental - 7ª ordem



Linha C - computacional - 7ª ordem

Figura 5.35 - Diagramas fasoriais das correntes de linha na carga e no filtro - experimental e computacional - tensão de suprimento desequilibrada - 7ª ordem - filtro de seqüência positiva e negativa

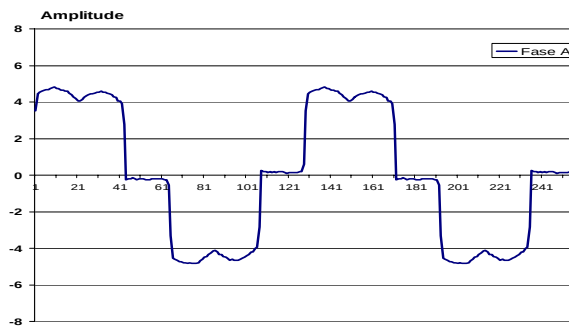
Caso b-2 - Tensão de alimentação equilibrada com valor eficaz inferior ao nominal

Uma outra condição operacional não-ideal capaz de modificar a eficácia da metodologia proposta se encontra atrelada ao valor eficaz da tensão de alimentação equilibrada. Neste sentido, uma tensão senoidal equilibrada com valor eficaz de 110V fase-neutro foi aplicada ao conjunto filtro e carga não-linear, mantendo-se as demais características idênticas às condições ideais de funcionamento. Os resultados para as correntes registradas na carga não-linear, no alimentador e no filtro sob enfoque são mostrados abaixo.

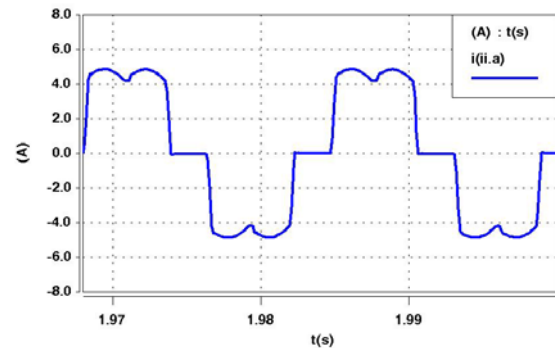
(a) Corrente na carga não-linear

Reportando à carga não-linear, a figura 5.36 apresenta, respectivamente, as correntes experimentais e computacionais para as linhas A, B e C.

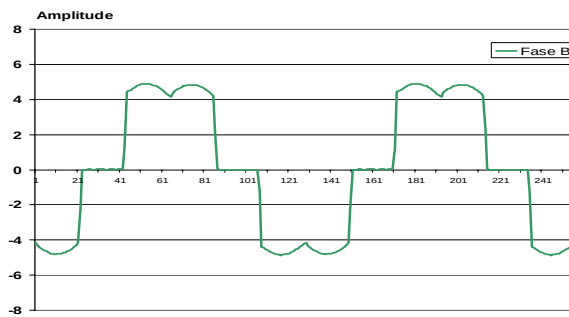
Complementarmente, a figura 5.37 fornece os correspondentes espectros de frequência para as correntes anteriores, em valores de pico.



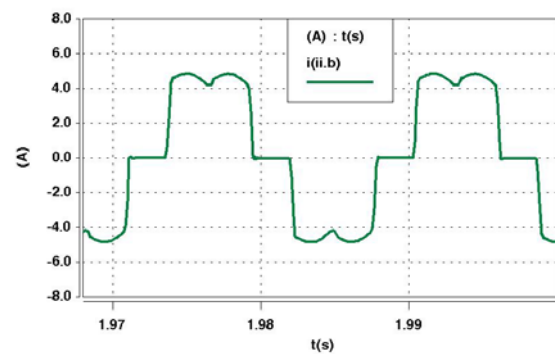
Linha A - carga não-linear - experimental



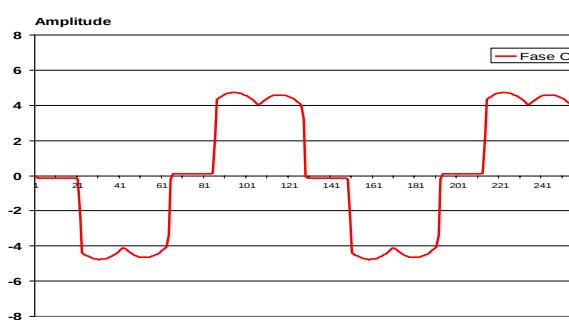
Linha A - carga não-linear - computacional



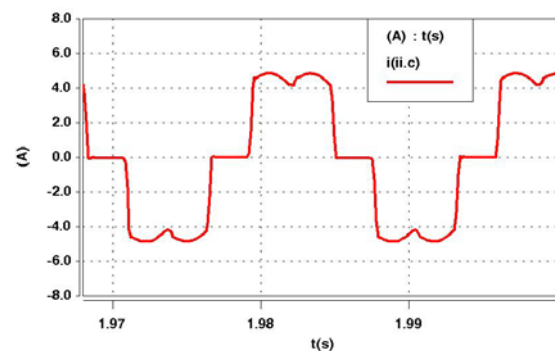
Linha B - carga não-linear - experimental



Linha B - carga não-linear - computacional

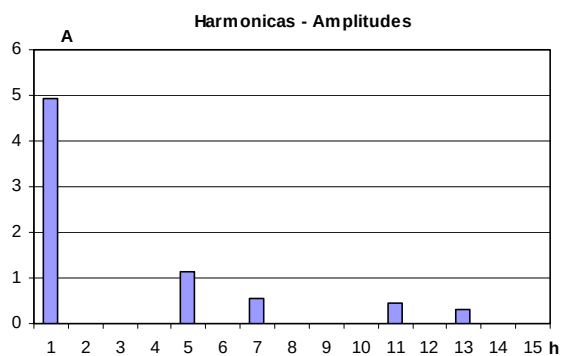


Linha C - carga não-linear - experimental

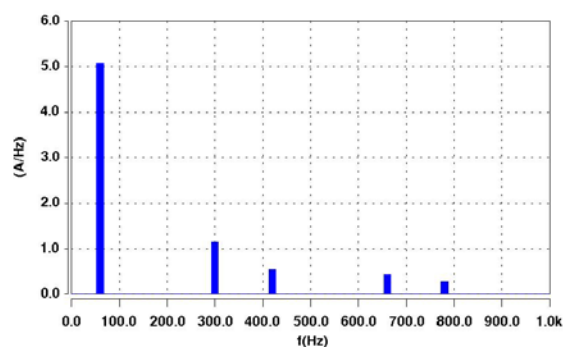


Linha C - carga não-linear - computacional

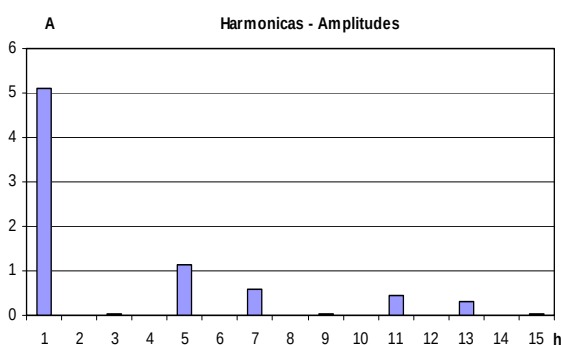
Figura 5.36 - Formas de onda das correntes de linha na carga não-linear - experimental e computacional - tensão de suprimento reduzida - filtro de seqüência positiva e negativa



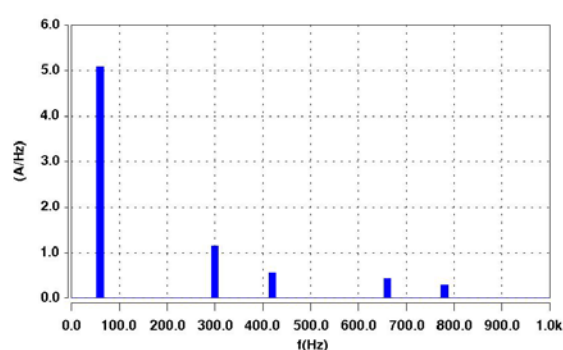
Linha A - carga não-linear - experimental



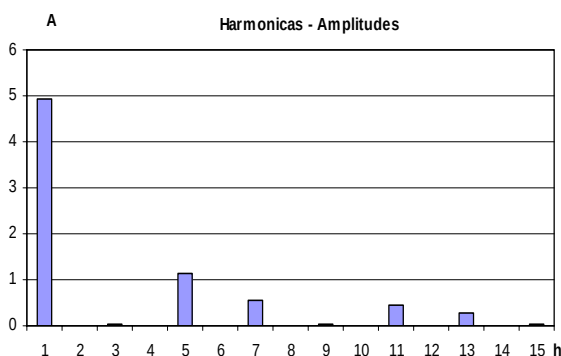
Linha A - carga não-linear - computacional



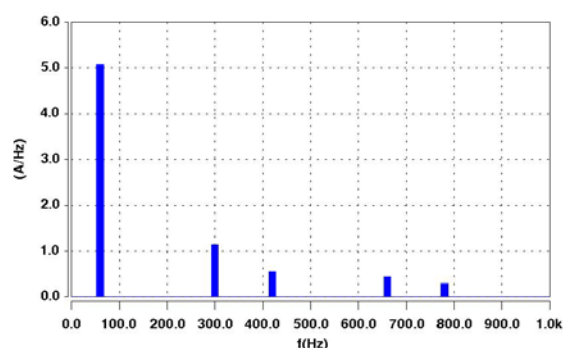
Linha B - carga não-linear - experimental



Linha B - carga não-linear - computacional



Linha C - carga não-linear - experimental

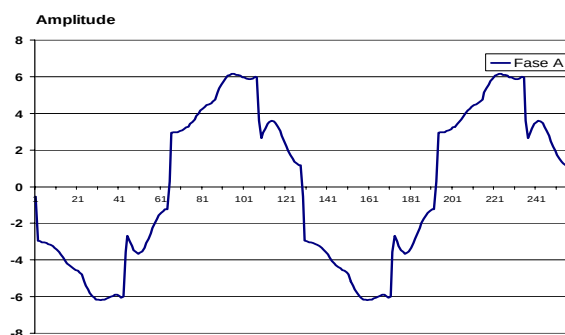


Linha C - carga não-linear - computacional

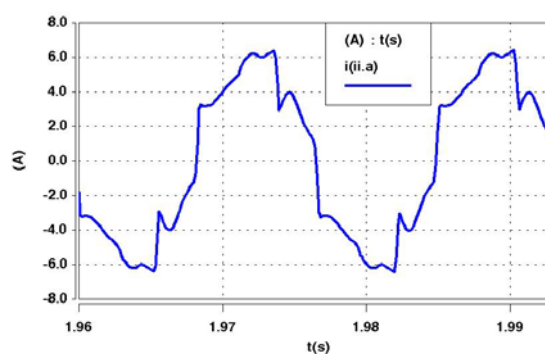
Figura 5.37 - Espectros harmônicos das correntes de linha na carga não-linear - experimental e computacional - tensão de suprimento reduzida - filtro de seqüência positiva e negativa

(b) Corrente de linha no alimentador

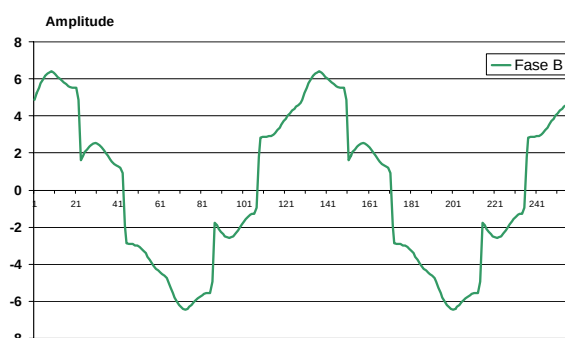
A figura 5.38 é indicativa das correspondentes correntes nas linhas A, B e C do alimentador.



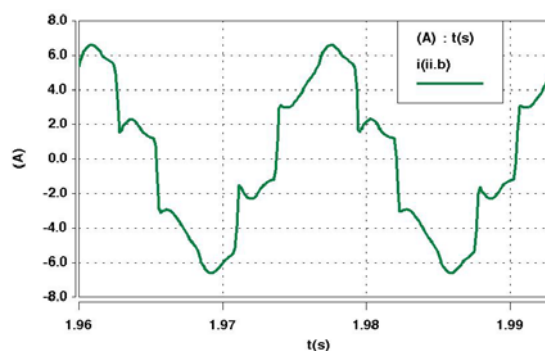
Linha A - alimentador - experimental



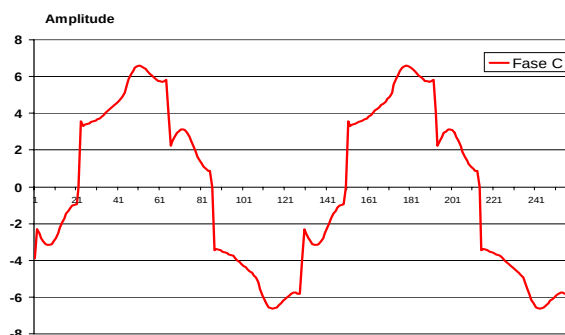
Linha A - alimentador - computacional



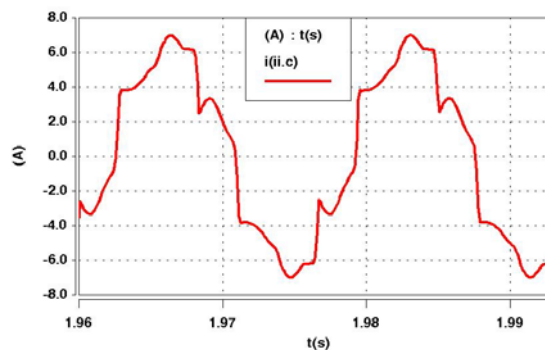
Linha B - alimentador - experimental



Linha B - alimentador - computacional



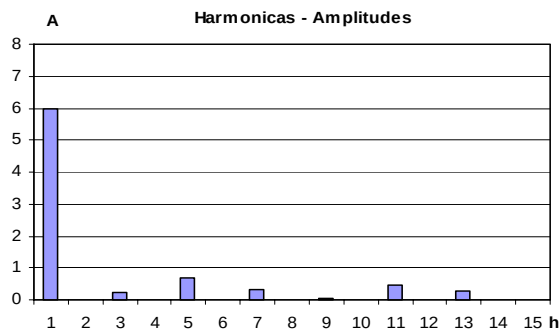
Linha C - alimentador - experimental



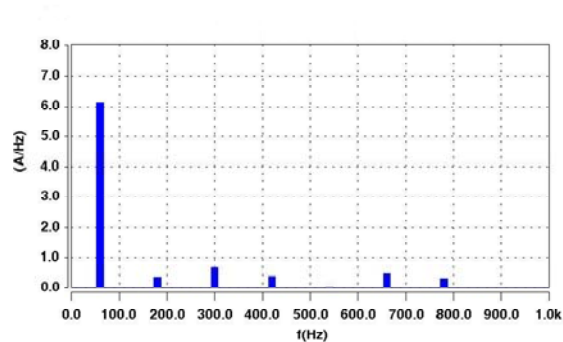
Linha C - alimentador - computacional

Figura 5.38 - Formas de onda das correntes de linha no alimentador - experimental e computacional - tensão de suprimento reduzida - filtro de sequência positiva e negativa

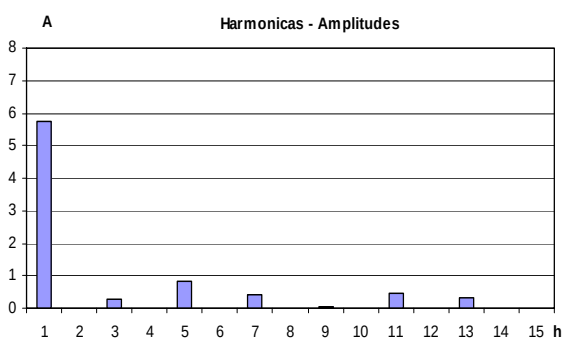
De modo análogo ao caso anterior, a figura 5.39 é indicativa dos espectros harmônicos das correntes registradas no alimentador, novamente, em valores de pico.



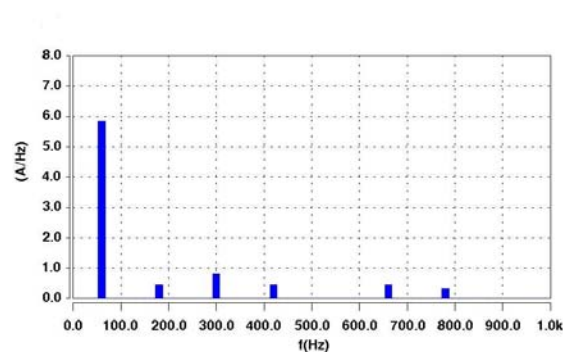
Linha A - alimentador - experimental



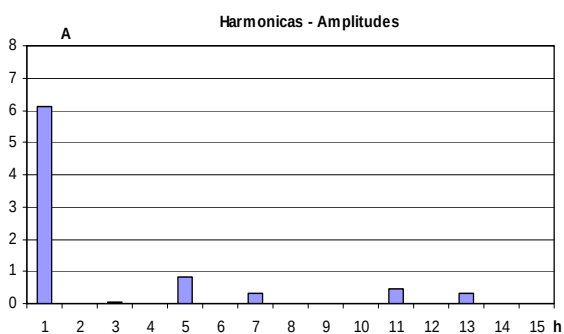
Linha A - alimentador - computacional



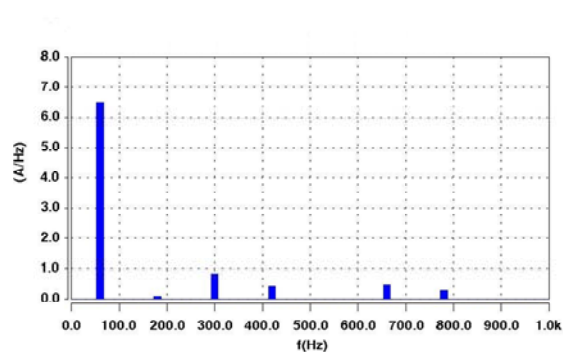
Linha B - alimentador - experimental



Linha B - alimentador - computacional



Linha C - alimentador - experimental

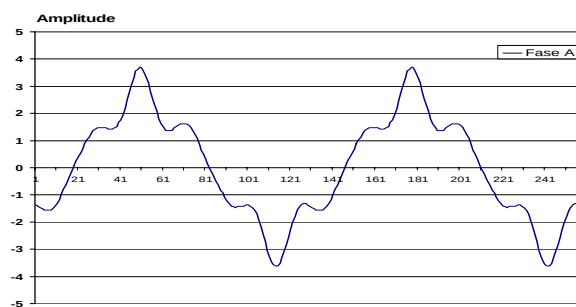


Linha C - alimentador - computacional

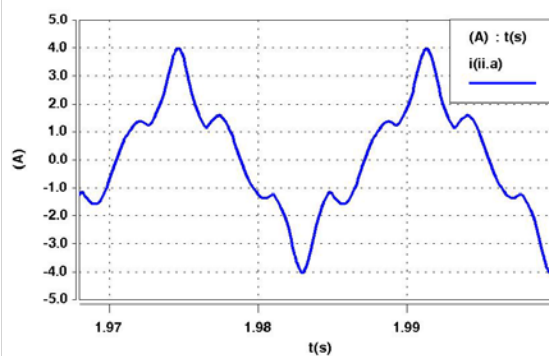
Figura 5.39 - Espectros harmônicos das correntes de linha no alimentador - experimental e computacional - tensão de suprimento reduzida - filtro de seqüência positiva e negativa

(c) Corrente de linha no filtro de seqüência positiva e negativa

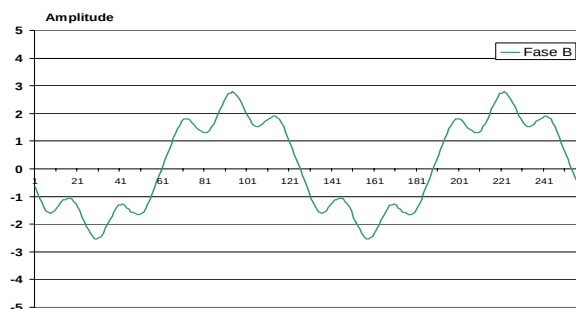
Por fim, a figura 5.40 apresenta, respectivamente, as correntes de linha A, B e C do filtro eletromagnético.



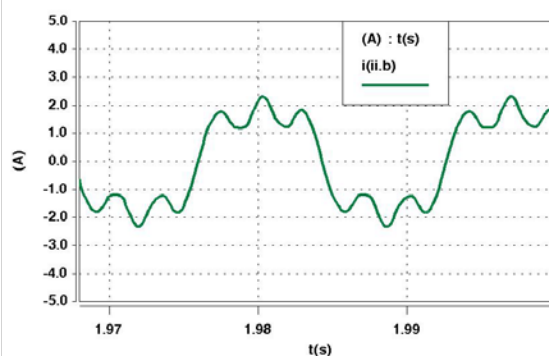
Linha A - filtro - experimental



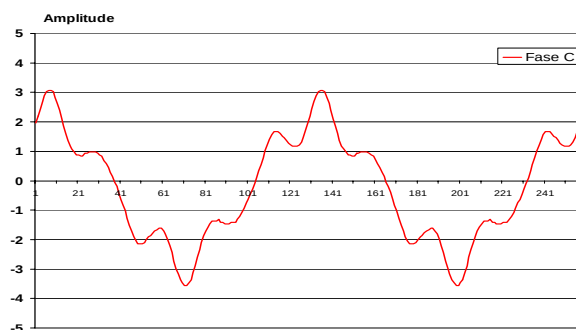
Linha A - filtro - computacional



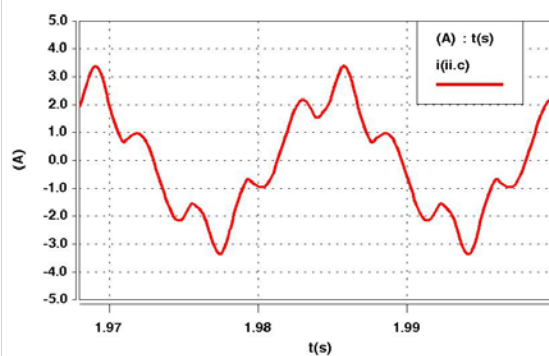
Linha B - filtro - experimental



Linha B - filtro - computacional



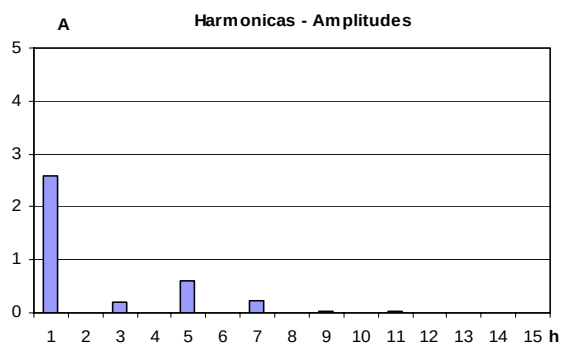
Linha C - filtro - experimental



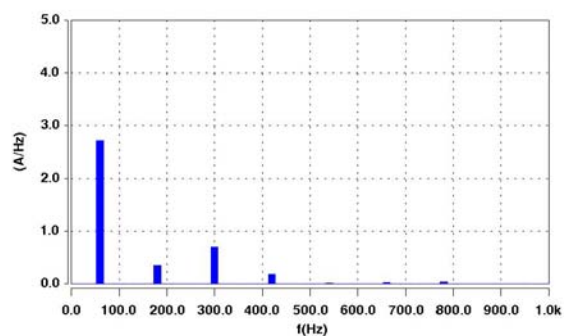
Linha C - filtro - computacional

Figura 5.40 - Formas de onda das correntes de linha no filtro - experimental e computacional - tensão de suprimento reduzida - filtro de sequência positiva e negativa

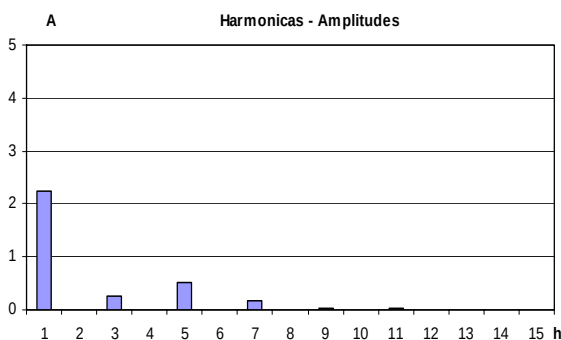
A figura 5.41 indica os correspondentes espectros harmônicos.



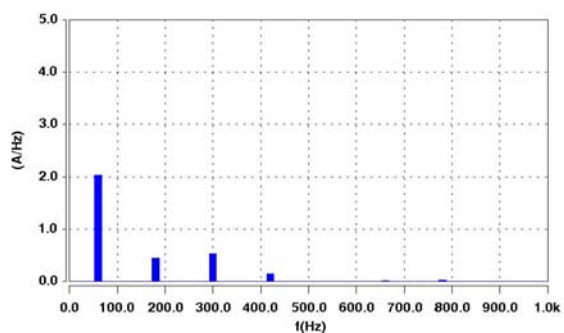
Linha A - filtro - experimental



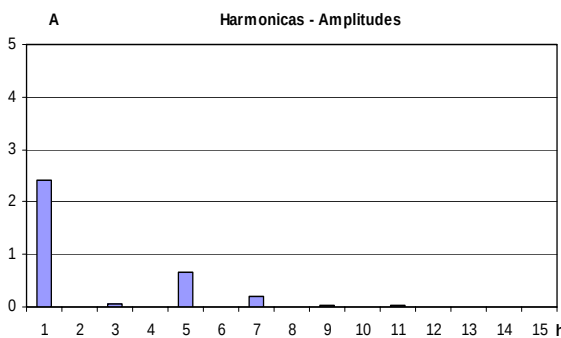
Linha A - filtro - computacional



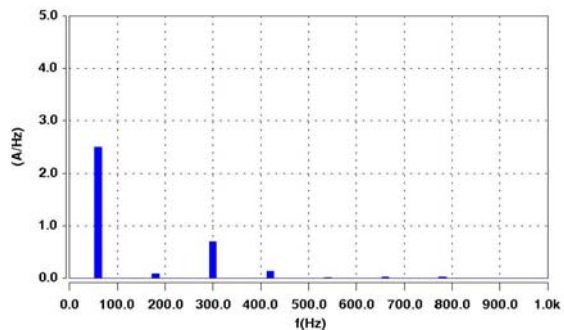
Linha B - filtro - experimental



Linha B - filtro - computacional



Linha C - filtro - experimental



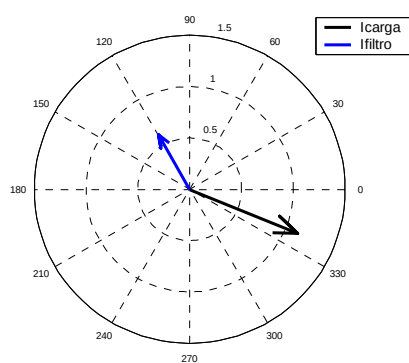
Linha C - filtro - computacional

Figura 5.41 - Espectros harmônicos das correntes de linha no filtro - experimental e computacional - tensão de suprimento reduzida - filtro de seqüência positiva e negativa

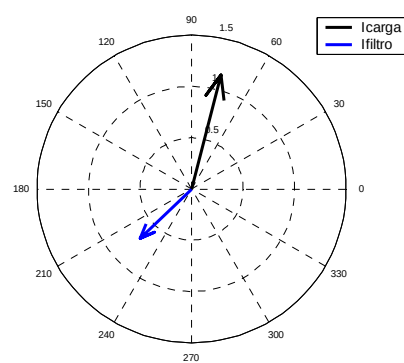
(d) Síntese dos resultados

Novamente, com o objetivo de prover meios para um maior entendimento do processo de filtragem desta metodologia e dos impactos atrelados com o fenômeno associado com o

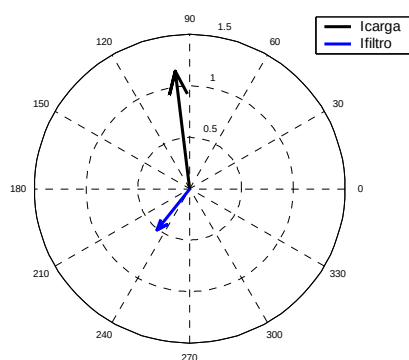
funcionamento sob condições reduzidas das tensões de suprimento, as figuras 5.42 e 5.43 apresentam os diagramas fasoriais para as correntes de 5ª e 7ª ordem para as correntes do filtro e da carga não-linear.



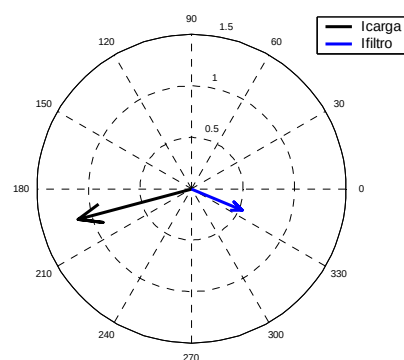
Linha A - experimental - 5ª ordem



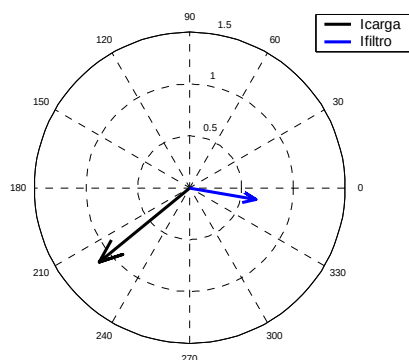
Linha A - computacional - 5ª ordem



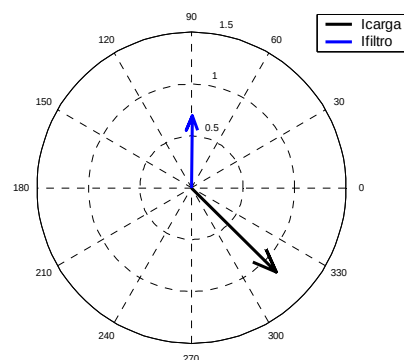
Linha B - experimental - 5ª ordem



Linha B - computacional - 5ª ordem



Linha C - experimental - 5ª ordem



Linha C - computacional - 5ª ordem

Figura 5.42 - Diagramas fasoriais das correntes de linha na carga e no filtro - experimental e computacional - tensão de suprimento reduzida - 5ª ordem - filtro de sequência positiva e negativa