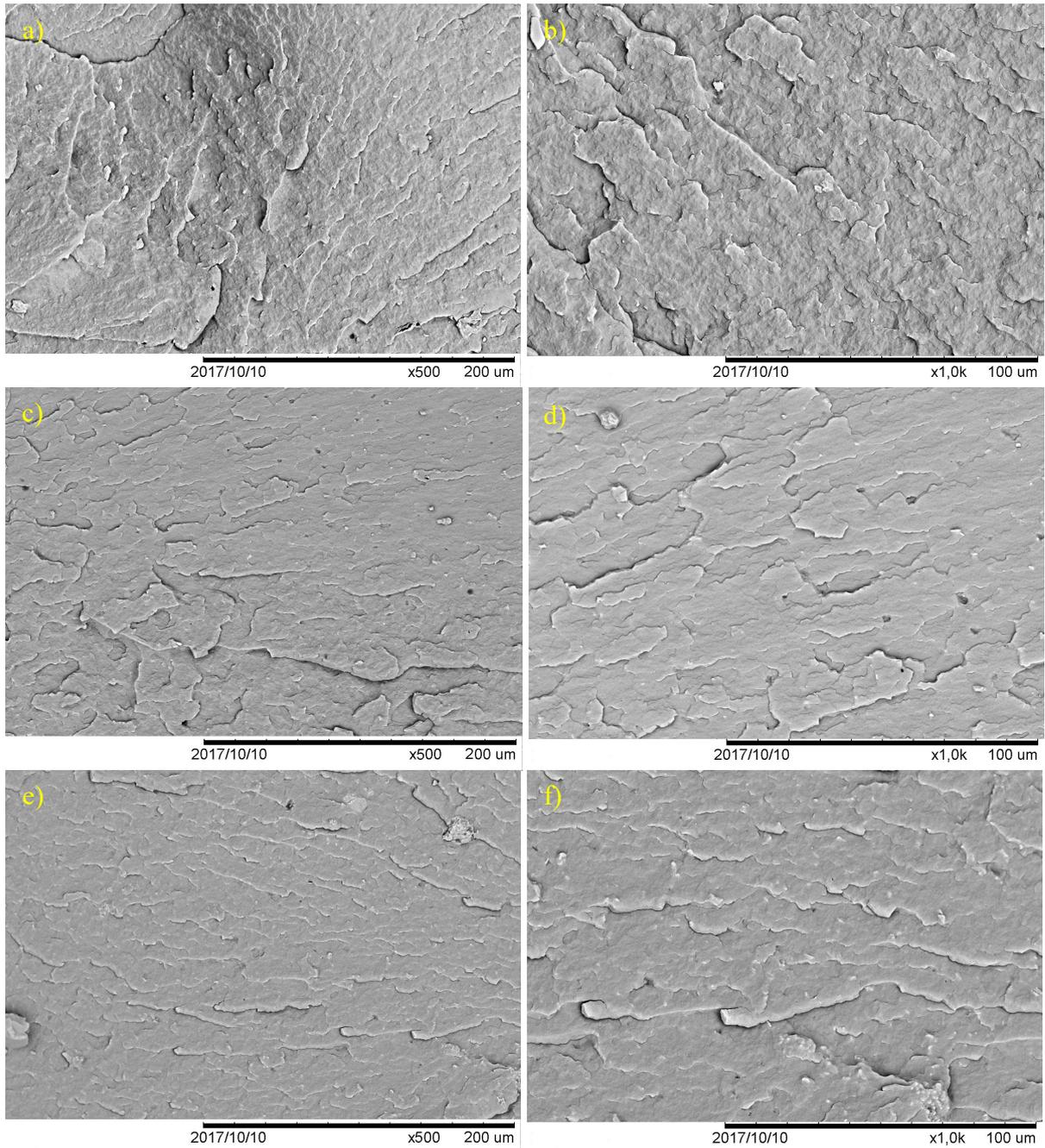


Figura 23 – Micrografias dos compósitos de PP e alumina tratada com uso de agente de acoplamento

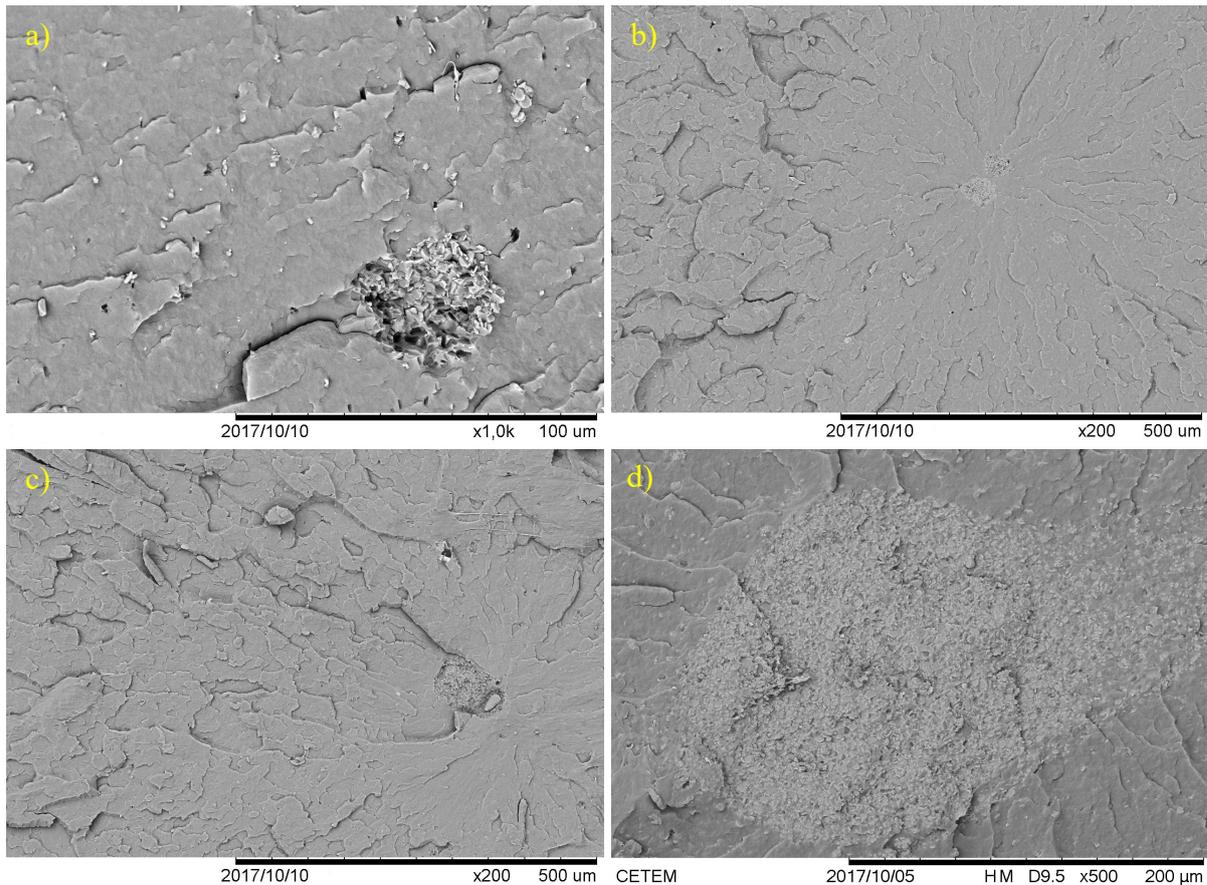


Legenda: (a) - PP/5%Al₂O₃t/2%MA com ampliação de 500x; (b) - PP/5%Al₂O₃t/2%MA com ampliação de 1000x; (c) - PP/10%Al₂O₃t/2%MA com ampliação de 500x; (d) - PP/10%Al₂O₃t/2%MA com ampliação de 1000x; (e) - PP/15%Al₂O₃t/2%MA com ampliação de 500x; (f) - PP/15%Al₂O₃t/2%MA com ampliação de 1000x.

Fonte: O Autor, 2017.

Na Figura 24 são apresentados alguns aglomerados de alumina que foram encontrados nas micrografias dos compósitos PP/Al₂O₃. Através das imagens b e c da Figura 24 é possível observar que alguns desses aglomerados podem ter atuado como concentradores de tensões⁵⁴, pois nestas imagens as linhas de fratura se irradiam a partir dos aglomerados.

Figura 24 – Aglomerados de alumina



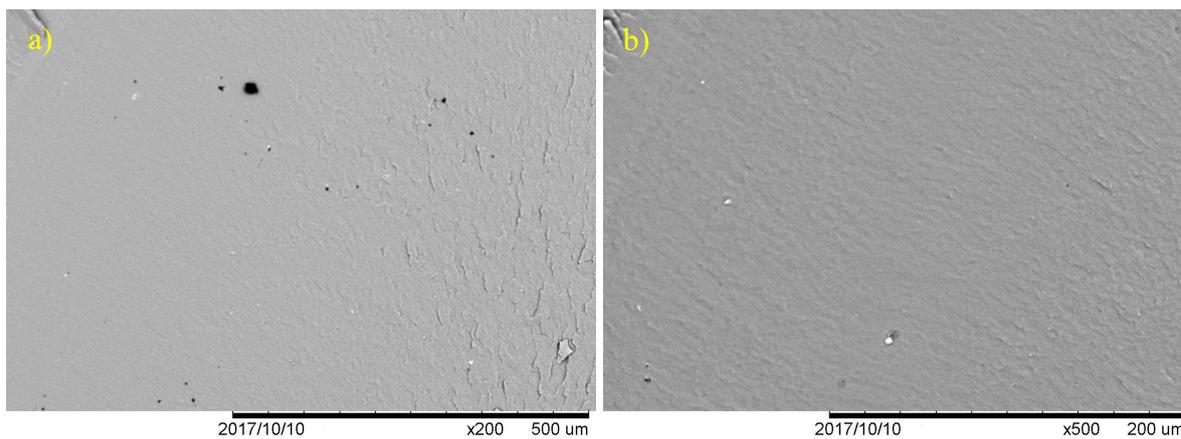
Legenda: (a) - PP/5%Al₂O₃nt com ampliação de 1000x; (b) - PP/15%Al₂O₃nt/2%MA com ampliação de 200x;
 (c) - PP/5%Al₂O₃t com ampliação de 200x; (d) - PP/10% Al₂O₃t com ampliação de 500x.

Fonte: O Autor, 2017.

3.3 Análise morfológica dos compósitos PP/Fibra de Vidro

A Figura 25 apresenta a micrografia do PP puro processado da mesma forma que os compósitos PP/Fibra de Vidro e analisados com ampliações de 200 e 500x.

Figura 25 – Micrografias do PP puro



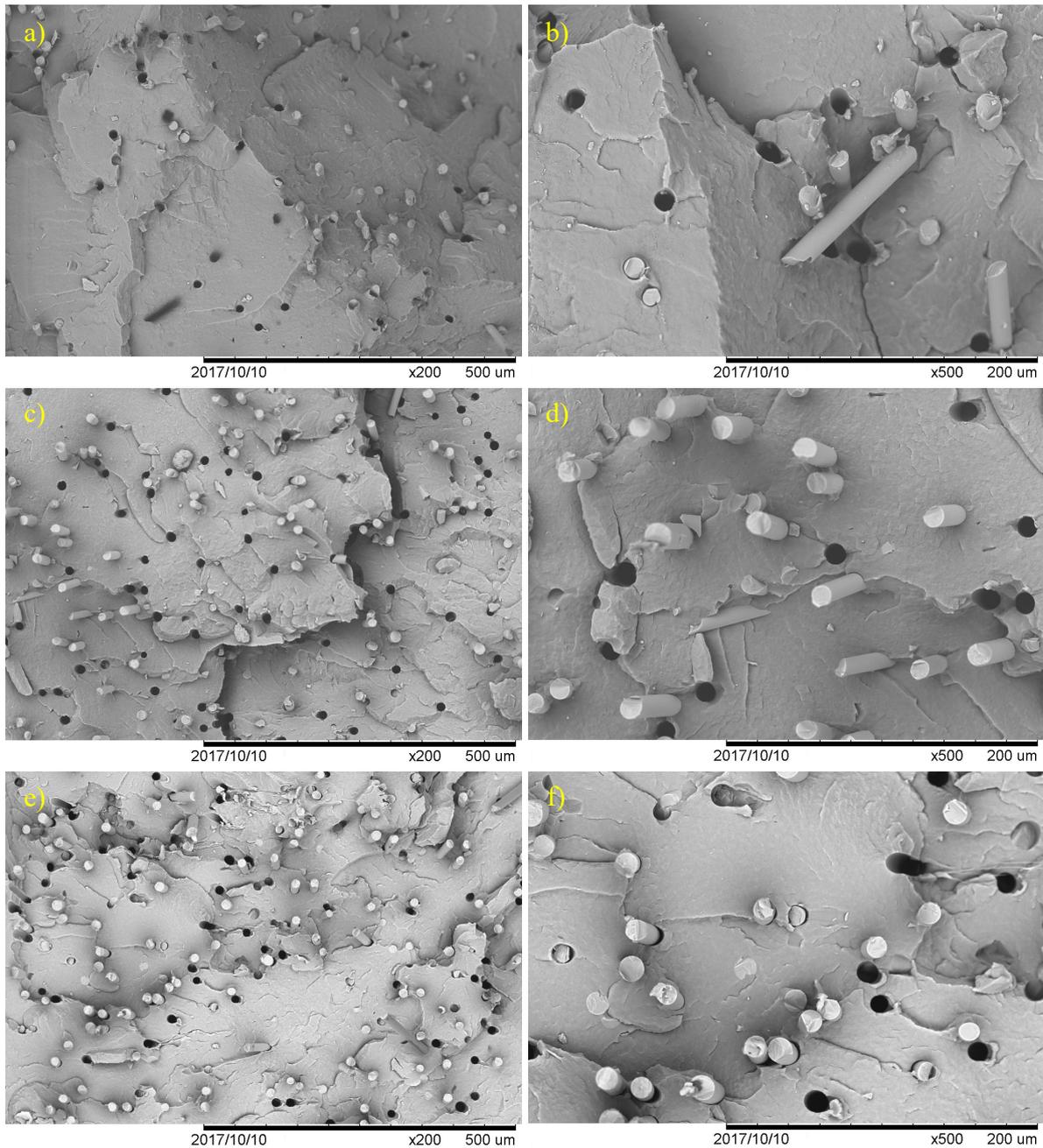
Legenda: (a) - PP puro com ampliação de 200x; (b) - PP puro com ampliação de 500x.
Fonte: O Autor, 2017.

Na Figura 26 são apresentadas as micrografias dos compósitos de polipropileno e fibra de vidro in natura com ampliações de 200 e 500x.

Através da análise das micrografias da Figura 26, é possível notar a presença de vários vazios devido a remoção de fibras de vidro durante a fratura. Observa-se também que as fibras de vidro apresentam aspecto liso e limpo, o que evidencia a fraca adesão interfacial entre as fibras de vidro e a matriz de polipropileno⁵⁵⁻⁵⁷. Percebe-se também que houve um descolamento (a existência de interstícios) entre algumas fibras de vidro e a matriz. Vários pesquisadores, ao estudarem compósitos de polipropileno carregados com fibras de vidro in natura, relataram a fraca adesão interfacial existente entre as fibras e a matriz, corroborada com micrografias que indicam que várias fibras são retiradas da matriz durante a fratura. Esses estudos indicam a descolagem interfacial se mostrou o mecanismo de falha dominante^{51,56-59}.

Observa-se também que houve orientação de grande parte das fibras de vidro na direção de injeção. Esta orientação das fibras é benéfica para o aumento das propriedades mecânicas da direção de injeção. Observa-se que, de forma geral, houve boa dispersão das fibras de vidro na matriz. O aumento do teor de fibra de vidro também ficou evidente pela análise das micrografias. Outros estudos também relatam a boa dispersão das fibras de vidro no polipropileno^{57,50,60} e a alta orientação das fibras⁶⁰.

Figura 26 – Micrografias dos compósitos de PP e fibra de vidro in natura

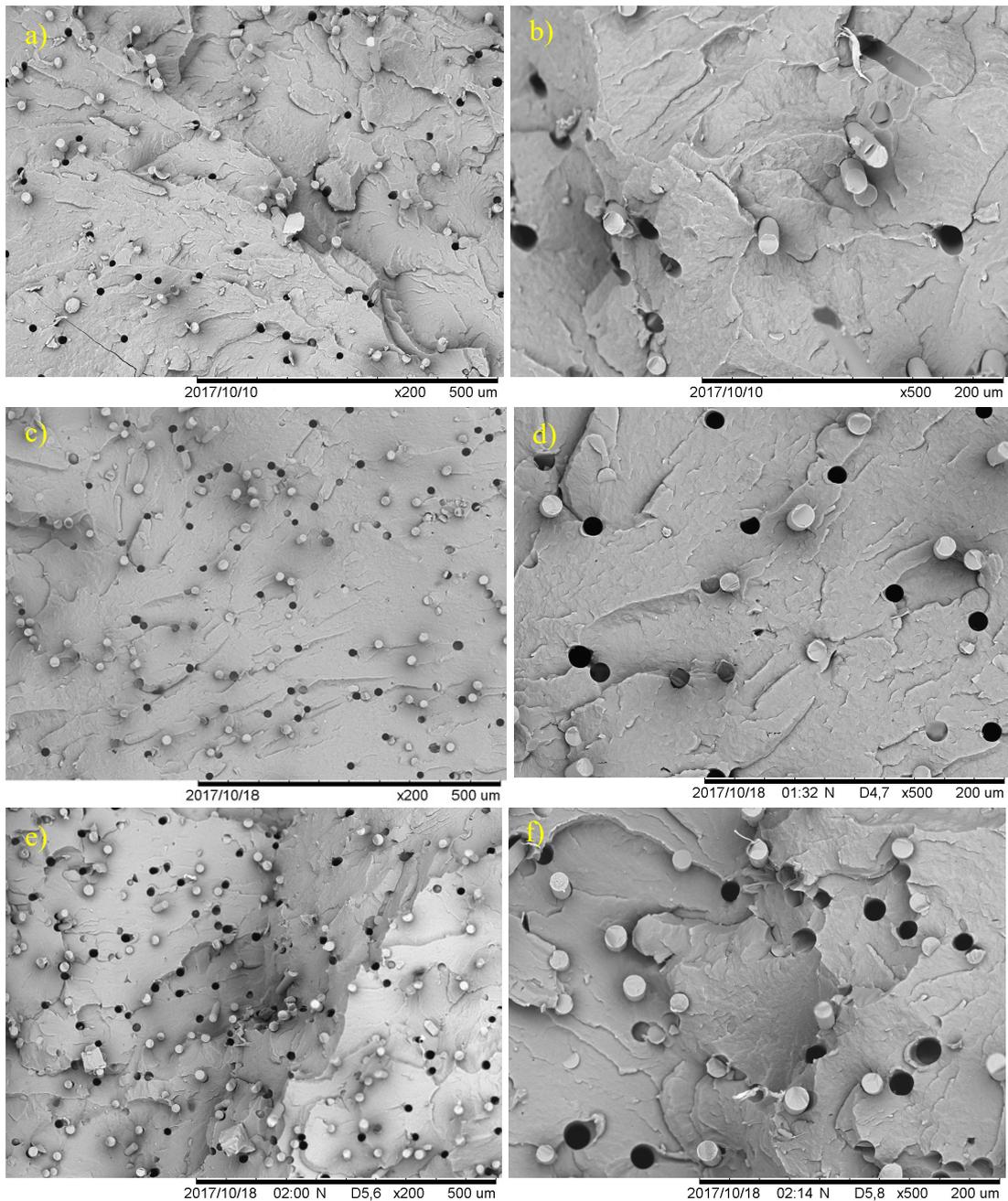


Legenda: (a) - PP/10%FVnt com ampliação de 200x; (b) - PP/10%FVnt com ampliação de 500x;
 (c) - PP/15%FVnt com ampliação de 200x; (d) - PP/15%FVnt com ampliação de 500x;
 (e) - PP/20%FVnt com ampliação de 200x; (f) - PP/20%FVnt com ampliação de 500x.

Fonte: O Autor, 2017.

A Figura 27 apresentada as micrografias dos compósitos de polipropileno e fibra de vidro tratada com γ -aminopropil-trietóxi-silano com ampliações de 200 e 500x.

Figura 27 – Micrografias dos compósitos de PP e fibra de vidro tratada com γ -aminopropil-trietóxi-silano



Legenda: (a) - PP/10%FVSilano com ampliação de 200x; (b) - PP/10%FVSilano com ampliação de 500x;
 (c) - PP/15%FVSilano com ampliação de 200x; (d) - PP/15%FVSilano com ampliação de 500x;
 (e) - PP/20%FVSilano com ampliação de 200x; (f) - PP/20%FVSilano com ampliação de 500x.

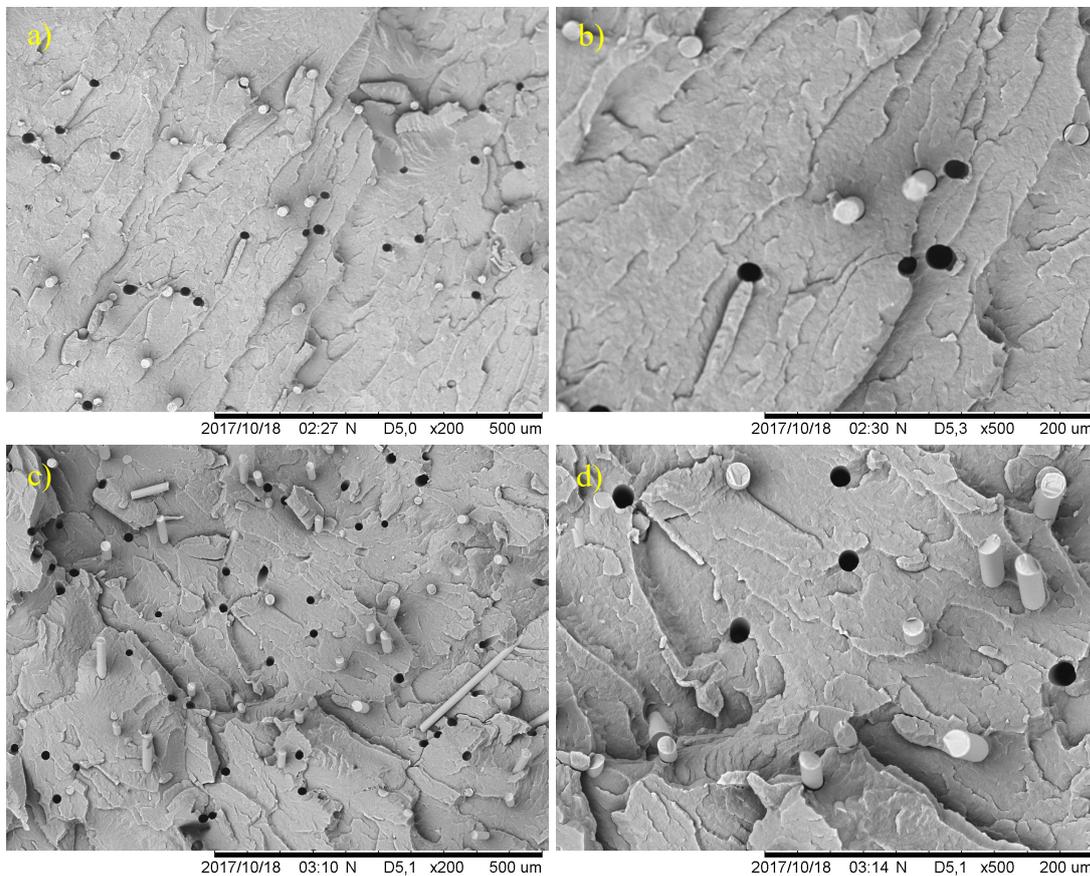
Fonte: O Autor, 2017.

Através da análise das micrografias da Figura 27, é possível notar uma maior quantidade de vazios devido a remoção de fibras de vidro durante a fratura do que o que foi observado para os compósitos com fibras de vidro in natura. Para os compósitos de polipropileno e fibras de vidro tratadas com silano também se observa que as fibras de vidro apresentaram aspecto liso. Estas observações indicam que as fibras de vidro tratadas com γ -

aminopropil-trietóxi-silano apresentaram uma adesão interfacial mais fraca com a matriz do que as fibras de vidro in natura. O descolamento entre algumas fibras de vidro e a matriz também pôde ser observado através das micrografias dos compósitos de polipropileno e fibras de vidros tratadas com γ -aminopropil-trietóxi-silano, o que também evidencia a fraca adesão interfacial. Para estes compósitos também foi observado uma grande orientação das fibras de vidro na direção de injeção e boa dispersão das fibras de vidro na matriz.

Na Figura 28 são apresentadas as micrografias dos compósitos de polipropileno e fibra de vidro tratada com hidróxido de sódio com ampliações de 200 e 500x.

Figura 28 – Micrografias dos compósitos de PP e fibra de vidro tratada com hidróxido de sódio



Legenda: (a) - PP/10%FVNaOH com ampliação de 200x; (b) - PP/10%FVNaOH com ampliação de 500x;
(c) - PP/15%FVNaOH com ampliação de 200x; (d) - PP/15%FVNaOH com ampliação de 500x.

Fonte: O Autor, 2017.

Para os compósitos de polipropileno e fibras de vidro tratadas com solução de NaOH, também se observa uma grande quantidade de vazios, o aspecto liso das fibras, o descolamento entre algumas fibras e a matriz, fatores que evidenciam a fraca adesão interfacial. Para estes compósitos também houve orientação das fibras na direção da injeção.

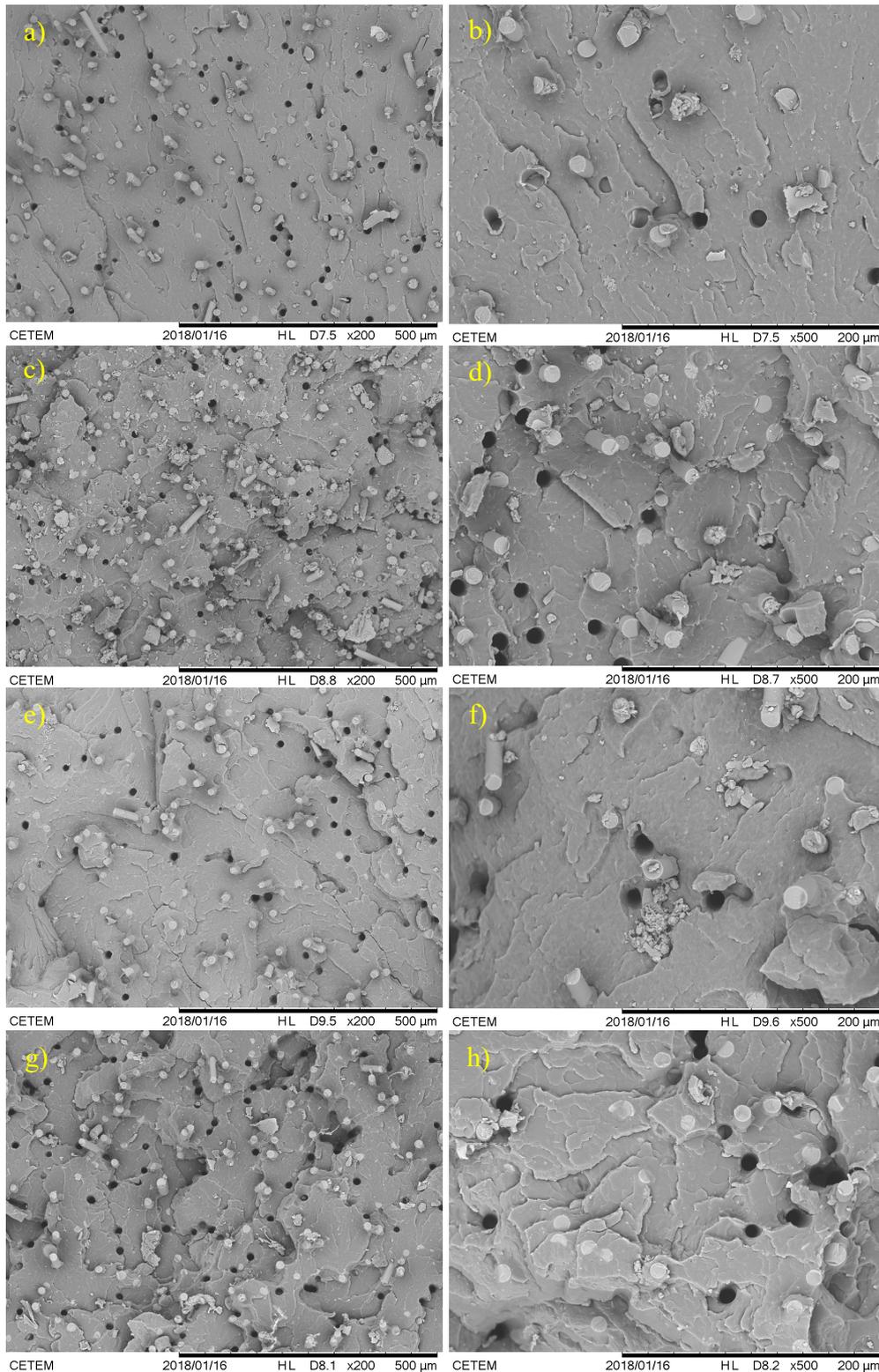
Observa-se que a quantidade de fibras de vidro nas micrografias dos compósitos com fibras de vidro tratadas com solução de NaOH foi bem inferior à observada nas micrografias dos compósitos com fibras de vidro in natura e com fibras tratadas com γ -aminopropil-trietóxi-silano. Esse fato se deu, como mencionado anteriormente, devido a problemas durante o tratamento das fibras de vidro e durante o processamento desses materiais, que não possibilitou a incorporação efetiva da carga.

Sun et al.¹², em seu estudo sobre compósitos híbridos de polipropileno carregados com alumina e fibra de vidro, relatam que o uso de fibras de vidro tratadas com solução alcalina de NaOH promove melhor adesão entre as fibras e a matriz do que o uso de fibras de vidro tratadas com silano. Estes pesquisadores também observaram que, os compósitos híbridos de PP e alumina reforçados com FVnt apresentaram um maior número de fibras que foram retiradas da matriz de PP do que aqueles reforçados com fibra de vidro tratada com silano KH550 ou com NaOH, indicando que houve menor contato superficial da carga com o polímero e menor interação entre as fibras não tratadas e o polipropileno. Zebarjad et al.⁵⁶ também observaram que as fibras de vidro o tratadas superficialmente com silano apresentaram uma superfície áspera, indicando a forte adesão entre as fibras e a matriz. Sendo assim, os resultados obtidos nesse trabalho apresentam resultados bastante divergentes dos obtidos por outros autores e podem ser atribuídos aos problemas encontrados no processamento desses materiais.

3.4 Análise morfológica dos compósitos híbridos

Na Figura 29 são apresentadas as micrografias dos compósitos híbridos com ampliações de 200 e 500x.

Figura 29 – Micrografias dos compostos híbridos



Legenda: (a) - PP/5%Al₂O₃nt/15%FVnt com ampliação de 200x; (b) - PP/5%Al₂O₃nt/15%FVnt com ampliação de 500x; (c) - PP/5%Al₂O₃nt/20%FVnt com ampliação de 200x; (d) - PP/5%Al₂O₃nt/20%FVnt com ampliação de 500x; (e) - PP/5%Al₂O₃nt/2%MA/15%FVnt com ampliação de 200x; (f) - PP/5%Al₂O₃nt/2%MA/15%FVnt com ampliação de 500x; (g) - PP/5%Al₂O₃nt/2%MA/20%FVnt com ampliação de 200x; (h) - PP/5%Al₂O₃nt/2%MA/20%FVnt com ampliação de 500x.

Fonte: O Autor, 2018.